

COLLOQUE  
NATIONAL DE

# MALACO- LOGIE

11, 12 et 13  
octobre 2023

CONTINENTALE

| Besançon

LES ACTES

# ACTES DU 3<sup>ÈME</sup> COLLOQUE NATIONAL DE MALACOLOGIE CONTINENTALE

## Besançon (25) - 11, 12 et 13 octobre 2023

Après un passage par la Picardie (Barenton-Bugny) en 2016 et les Pays de la Loire (Nantes) en 2018, la 3<sup>ème</sup> édition du Colloque national de Malacologie continentale s'est tenu en fin d'année 2023 à Besançon, co-organisé par le Conservatoire botanique national de Franche-Comté - Observatoire régional des Invertébrés (CBNFC-ORI) et PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD), avec le soutien de la DREAL et de la Région Bourgogne-Franche-Comté.

La Liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine, publiée en juillet 2021 par le comité français de l'UICN, l'OFB et le MNHN, est l'aboutissement de plusieurs années de travail dans le cadre de l'inventaire national des mollusques continentaux de France.

Cet exercice constitue un état des lieux et traduit l'effort du réseau des malacologues de métropole au sujet de l'amélioration des connaissances et du partage des données dans le cadre du Système d'Information de l'Inventaire du Patrimoine naturel (SINP).

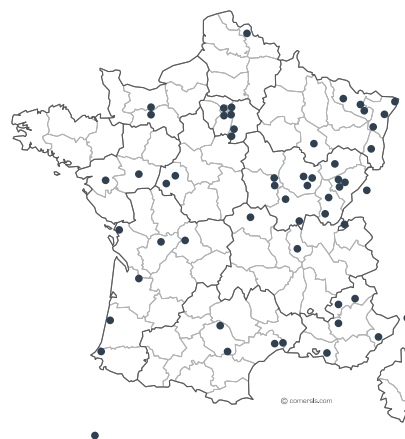
Au cours de ce colloque, les résultats de cette évaluation ont été partagés et ont servi de base de travail pour stimuler la dynamique lancée en 2016 et la naissance de nouveaux projets parmi les malacologues de France.

Un colloque c'est avant tout du partage, des rencontres, des retours d'expérience et de l'inspiration !

**Avec près de 100 participants-es venus-es de toute la France et de l'international, cette édition 2023 a été un succès, et nous sommes heureux aujourd'hui de vous en présenter les actes.**

### Origine des participants :

La carte avec les contacts des participants est présentée en fin de document.



**En savoir plus sur cet événement :**

<https://www.cbnfc-ori.org/projets/insectes-vertebres>



# TABLE DES MATIÈRES

COMMUNICATIONS ORALES .....	3
● Des données aux résultats d'évaluation, retour sur la première Liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine.....	4
● Mettre à jour la Liste rouge des mollusques (gastéropodes et bivalves) de Suisse.....	12
● Le Plan National d'Actions en faveur de la Grande mulette 2022-2031.....	19
● Le PAM-NA, un programme d'actions en faveur des mulettes de Nouvelle-Aquitaine.....	26
● Les mollusques des eaux continentales du bassin hydraulique de l'oued Draa (Maroc Central).....	32
● Rythme et dynamique de recolonisation des malacofaunes : l'apport des études quaternaires .....	38
● Implications paléoenvironnementales et biogéographiques de la malacologie quaternaire à haute résolution .....	47
● La malacologie en contexte archéologique.....	53
● Reconstitution des pratiques agrosylvopastorales anciennes à partir de l'analyse malacologique.....	60
● <i>Rumina paivae</i> Lowe (1861) ( <i>Stylommatophora</i> , <i>Subulinidae</i> ) existe-t-il et est-il présent dans le Sud-Est de la France ?.....	67
● Caractérisation morphométrique de l'enroulement de la coquille des escargots terrestres par l'étude de modèles 3D générés au CT-scan.....	73
● La Malacologie, une histoire de famille.....	79
● Relation entre la malacofaune continentale forestière et les peuplements forestiers de la Réserve biologique intégrale du Bois des Roncés (Haute-Marne).....	85
● Étude de la macrofaune des litières forestières du Parc national des Écrins .....	91
● Focus sur la malacofaune de deux Réserves naturelles nationales rhénanes en 2021-2022 : la forêt d'Offendorf et le delta de la Sauer .....	98
● La malacofaune urbaine et périurbaine de Dijon.....	105
POSTERS .....	113
RESTITUTION DES ATELIERS .....	123

- Comment comprendre et valoriser les données paléomalacologiques quaternaires? ...124
- Constituer et conserver une collection de mollusques .....131
- Liste rouge nationale... et après? .....134
- Surveillance et suivi temporel .....138
- Connaissance, les traits de vie et la fonctionnalité des mollusques continentaux .....143

**CONTACTS DES PARTICIPANTS.....147**

- Localisation des participants .....148
- Coordonnées des participants.....149



*ISOGNOMOSTOMA ISOGNOMOSTOMOS* (photo J. Ryelandt)

# COMMUNICATIONS ORALES

# DES DONNÉES AUX RÉSULTATS D'ÉVALUATION, RETOUR SUR LA PREMIÈRE LISTE ROUGE DES MOLLUSQUES CONTINENTAUX DE FRANCE MÉTROPOLITAINE

**Guillaume GIGOT** – PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), Coordinateur de la cellule «Conservation», Référent outre-mer

**Olivier GARGOMINY** – PatriNat (OFB, MNHN, CNRS, IRD), Responsable référentiel taxonomique TAXREF et Base de connaissance Espèce



## LES MESSAGES CLÉS

- 🗣️ La culture du partage de la connaissance naturaliste au niveau national pour les mollusques est en pleine croissance, et pour tout exercice d'évaluation des états de conservation les données d'occurrence sont essentielles.
- 🗣️ La Liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine publiée en 2021 est une démarche partenariale et collégiale, qui concerne les 691 espèces indigènes qui ont été évaluées selon la méthodologie de l'UICN.
- 🗣️ L'état des lieux met en évidence 11% d'espèces menacées sur le territoire métropolitain et 41% de ces espèces comme mal connues (en catégorie Données insuffisantes).
- 🗣️ La poursuite de l'effort de mobilisation des malacologues permettra d'envisager une actualisation des statuts de menaces pour mieux suivre l'évolution des populations de mollusques continentaux et mieux informer les citoyens et les acteurs des territoires pour une meilleure prise en compte de ce groupe dans les stratégies de conservation.

## PRÉAMBULE

La réalisation d'une Liste rouge n'est pas une évaluation du statut de menace d'une espèce, mais l'évaluation du risque de disparition des populations d'une espèce sur un territoire donné.

La méthode fait appel à différents proxys tels que la distribution géographique ou les effectifs des populations de l'espèce ciblée, rapportés sur un plan chronologique en évaluant leur état actuel et leur tendance à plus ou moins longs termes.

Le statut d'une espèce peut être variable selon l'échelle à laquelle l'évaluation est réalisée. Par exemple, une espèce peut ainsi être LC (pré-occupation mineure) au niveau mondial, CR (en danger critique) au niveau national et NT (quasi menacé) en région.

Les données d'occurrence revêtent un caractère indispensable à la réalisation de ces évaluations. Pour cela, la mise en œuvre du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) au niveau national et régional est un tremplin pour l'élaboration des Listes rouges.

## LA LISTE ROUGE NATIONALE EN FRANCE : D'OÙ VIENT-ON ET OÙ EST-ON ARRIVÉ ?

Une Liste rouge nationale s'inscrit dans un mille-feuille d'évaluations car les Listes rouges peuvent être établies au niveau mondial, européen ainsi qu'au niveau national et régional (infranational). Son élaboration, de par sa méthode basée sur des critères quantitatifs, est très consommatrice d'expertises et de données.

En France, l'effort d'évaluation n'a cessé de croître depuis 2008, date de publication du premier chapitre de la Liste rouge nationale. Le projet est le fruit d'une démarche partenariale, basée sur la collaboration du Comité Français de l'UICN, du MNHN et de l'OFB en association avec les organismes de référence sur les espèces françaises. Les évaluations sont menées de façon à équilibrer l'effort aussi bien en outre-mer qu'en métropole, sur la flore comme sur la faune. En 2020 par exemple, rien qu'en métropole plus de 7000 espèces avaient fait l'objet d'une évaluation et autant dans les territoires d'outre-mer.

De par le nombre d'espèces à évaluer, l'élaboration de la *Liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine* représentait un défi mais se justifiait et rendait l'exercice réalisable dans un temps relativement court par le fait d'une communauté de malacologues très impliquée dans la production de connaissance au niveau national ; de plus, de nombreuses espèces bénéficiaient déjà d'évaluations dans les Listes rouges mondiale et européenne pilotées par l'UICN. Un frein demeurait néanmoins, récurrent dans l'exercice d'éva-

luations de groupes taxonomiques assez méconnus, à savoir le fait que de nombreuses espèces disposaient d'un niveau de connaissance (taxonomie et/ou données d'occurrence) assez faible ou inexistant et seraient rapidement classées en DD (*Data Deficient* ou données insuffisantes).

La Liste rouge nationale est élaborée par chapitre distinct en fonction d'un territoire géographique et du groupe taxonomique déterminé. C'est un aspect pratique et cohérent d'un point de vue communication qui est aussi lié aux communautés d'experts et aux acteurs des données de connaissance qui ne sont pas les mêmes selon les groupes d'espèces. Certains territoires disposent aujourd'hui de plus d'évaluation que d'autres et certains groupes taxonomiques sont mieux couverts comme, par exemple, la flore vasculaire ou les oiseaux.

On observe aujourd'hui une réelle distinction entre les vertébrés et les invertébrés dans la démarche Liste rouge avec une dynamique d'élaboration qui s'est accentuée à partir de 2020. Les invertébrés ont toujours été le parent pauvre, à l'instar du milieu marin, en termes de connaissance et

de structuration des données. Malgré cet état de fait, la communauté d'experts et la mobilisation des données sur les mollusques ont permis de produire trois Listes rouges sur ce groupe, publiées entre 2020 et 2021 pour la Guadeloupe, la Martinique et la métropole.

Dans le cas des mollusques de métropole, l'élaboration de la Liste rouge a pu bénéficier d'un historique de plus de 18 ans de remontée et de partage de données marqué par le lancement de l'inventaire national des mollusques continentaux en 2005. On constate que dans l'histoire des données naturalistes, il existe toute une période où chacun voulait garder ses données et ne comprenait pas forcément la nécessité de les partager pour avoir une connaissance globale, chose qui est davantage acquise aujourd'hui. Une fois ce mécanisme de partage mis en place, il a été possible de lancer le projet de Liste rouge qui a été présenté par Claire Régnier en 2016, lors du premier Colloque national de malacologie continentale et qui a abouti en 2021 à la publication de la première Liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine.



FIGURE 1 : Couverture du fascicule de la Liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine (2021) et tableau de suivi des chapitres réalisés © MNHN, OFB & Comité français de l'UICN (2023) ; Source INPN.

## LE PARTAGE DE SOCLE DE CONNAISSANCE ET DE DONNÉES

Il est important de partager un socle de connaissance permettant la détermination des espèces. À ce titre, il existe l'application mobile Escargots de France (BiodiversiClés) qui permet d'accéder aux coquilles de la collection de référence et diverses informations sur les espèces, notamment les répartitions départementales ou les traits de vie des espèces.

Les deux graphiques suivants représentent la même information à savoir l'évolution du nombre de données pour les mollusques continentaux partagés dans l'INPN.

Le premier graphique représente le nombre cumulé de données en fonction de la date de première diffusion du jeu de données. Cette image n'est pas forcément la plus proche de la réalité car il se peut que ces jeux de données aient évolué au cours du temps. On observe des sauts quantitatifs pour certaines années dus à la contribution de divers acteurs majeurs.

Le second graphique illustre le nombre de données partagées en fonction de la date de récolte. On observe dans ce cas que non seule-

ment il y a de plus en plus de données qui sont partagées mais que la pente est maintenant relativement stable ce qui traduit désormais une culture de partage des données naturalistes au niveau national pour les mollusques.

On peut retenir les chiffres suivants : 446 735 données partagées avec un rythme régulier de 21 000 nouvelles données par an depuis 2010.

## RETOUR SUR LES FONDEMENTS ET LA MÉTHODOLOGIE LISTE ROUGE

### Mise à jour de TAXREF

La première brique qui a permis l'élaboration de la Liste rouge, en assurant une collecte correcte des données d'occurrence au niveau de l'INPN, c'est le référentiel taxonomique national. TAXREF a pour but à la fois de lister toutes les espèces qui sont présentes sur le territoire, mais également toutes les synonymies, ce qui permet de d'associer à un nom valide toutes les données qui sont compilées au niveau national mais parfois attachées à différents noms dans les diverses bases de données sources.

La mise à jour de TAXREF consiste à prendre en compte toutes les publications scientifiques d'une part et, dans le cas des mollusques, à se mettre en collaboration avec MolluscaBase qui est la base mondiale pour la taxonomie des mollusques continentaux et marins et qui bénéficie d'une veille et de mises à jour au fil de l'eau par un réseau global de taxonomistes.

L'actualisation du TAXREF est régie par 5 règles :

- 1) Aucun acte nomenclatural : tout est basé sur de la bibliographie qui est citée en même temps que le nom. Dans le cas des mollusques, on peut toutefois citer une exception : *Obscurella conica*, espèce dont le sous-genre a été élevé au rang de genre (Zallot et al. 2014).
- 2) « Le dernier qui a parlé a raison » : c'est-à-dire que les publications sont prises en compte au fur et à mesure qu'elles sont publiées. Toute nouvelle espèce doit être intégrée puisque le nom est devenu disponible. Avec quelques exceptions :
  - a) cas de positions taxonomiques « extrêmes » (un seul cas ; Taylor 2003)
  - b) cas de révision oubliant certains noms : ces noms restent valides

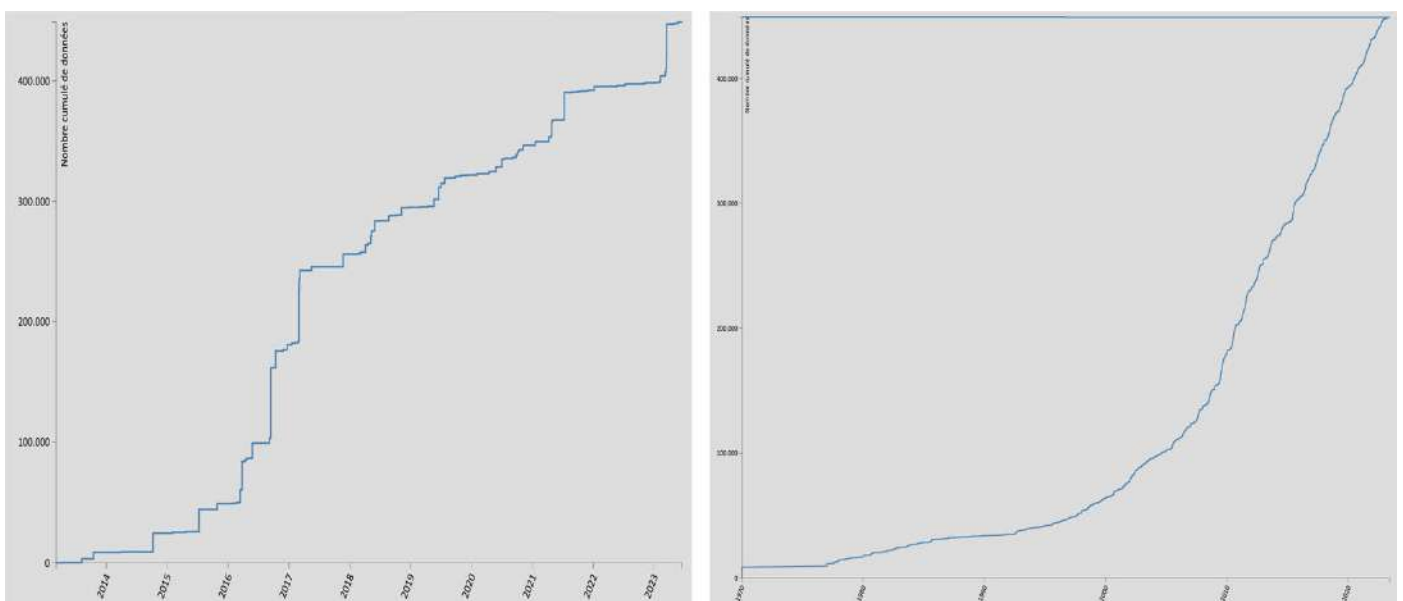


FIGURE 2 : Nombre cumulé de données en fonction de la date de première diffusion du jeu de données et nombre cumulé de données en fonction de la date de récolte (Source INPN, 2023).



- 3) Les noms disponibles au sens du code de nomenclature doivent être disponibles dans TAXREF.
- 4) « Valide sauf si prouvés invalides » (Data Deficient pour cause taxonomique) : même s'il existe des doute, une nouvelle espèce publiée reste valide jusqu'à preuve du contraire et le cas échéant mise en synonymie. On recense de nombreux cas d'espèces dont le statut a été évalué Data Deficient pour cause taxonomique, c'est-à-dire que l'on ne sait pas ce que sont ces espèces.
- 5) Prise en compte des remarques et éventuelles corrections via un espace de discussion du MNHN (voir <https://taxref.mnhn.fr>), et son équivalent au niveau mondial pour l'actualisation de MolluscaBase (World Register of Marine Species (WoRMS) <[info@marinespecies.org](mailto:info@marinespecies.org)>).

### L'approche Liste rouge nationale sur les mollusques continentaux de métropole

La Liste rouge des mollusques continentaux de métropole est le fruit d'un

travail collaboratif entre le comité français de l'UICN, le MNHN et l'OFB qui représentent deux des quatre tutelles de PatriNat.

Ainsi la démarche Liste rouge est un point de rencontre entre :

- une méthodologie qui est standardisée au niveau mondial, stabilisée et fixée dans les années 2000 par l'UICN (ONG à l'échelle mondiale);
- des données d'occurrences les plus actualisées possibles;
- un collectif d'experts.

Si 726 espèces de mollusques continentaux sont connues en métropole, le travail d'évaluation Liste rouge porte sur les 691 espèces « indigènes » (une fois les espèces introduites retirées). Le groupe se répartit selon 33 bivalves d'eau douce, 251 gastéropodes d'eau douce et 407 gastéropodes terrestres. Une fois que les données de ces espèces sont disponibles, structurées et accessibles, une série d'analyse est réalisée pour se confronter aux critères de la méthodologie.

L'exercice d'évaluation débute par une phase de « pré-évaluation » pour identifier les aires de distribution définies selon différents critères (UICN, 2012) : la zone d'occurrence (EOO) et la zone d'occupation (AOO).

La première étape consiste à appliquer les 5 critères d'évaluation aux populations :

- A - déclin de la population,
- B - aires de répartition,
- C - petite population & déclin,
- D - très petite population,
- E - analyse quantitative.

Cette évaluation initiale aboutit à un classement préliminaire de chaque espèce. Dans un second temps, le collectif d'experts est réuni pour évaluer, ajuster et valider les résultats de la pré-évaluation. Pour les mollusques continentaux, le groupe d'experts composé de 11 malacologues s'est réuni lors d'ateliers de validations qui se sont tenus à Paris dans les locaux du MNHN durant 5 jours.

## SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION LISTE ROUGE 2021 SUR LE GROUPE

Sur un total de 691 espèces évaluées, il faut noter que 227 sont endémiques, ce qui représente une forte responsabilité pour le pays.



FIGURE 3 : Critères et catégories de la Liste rouge selon la méthodologie de l'UICN ; Nombre d'espèces indigènes évaluées selon les différents groupes de mollusques continentaux de métropole (UICN CF, MNHN & OFB, 2021).

Toutes les espèces ont été étudiées et réparties dans une des 10 catégories Liste rouge allant de « Éteinte » à « Préoccupation mineure ». Une espèce est dite menacée si son statut est CR – en danger critique, EN – En danger ou VU – vulnérable. La catégorie NA – non applicable est attribuée aux espèces introduites ou présentes occasionnellement sur le territoire.

Les espèces classées DD (Data Deficient), sont celles qui présentent un tel déficit d'informations qu'il n'est pas possible de leur attribuer un statut de menace. Cette catégorie correspond souvent à « la boîte grise » de la Liste rouge et dont les espèces ont tendance à être quelques peu oubliées par le grand public, les médias ou les décideurs. C'est toutefois dans cette catégorie que se cachent des choses très intéressantes, possiblement des espèces rares et soumises à des pressions. Ce sujet des lacunes de connaissances a été discuté et exploré dans le cadre de plusieurs ateliers lors de cette troisième édition du colloque de malacologie.

L'une des principales informations résultant de ce travail est le nombre d'espèces menacées qui s'élève à 11% des espèces évaluées. On note aussi que 41% des espèces présentent un défaut de connaissance, qu'il s'agisse de taxonomie ou de données d'occurrence. Les 5% d'espèces quasi-menacées (NT) correspondent à toutes ces espèces sur lesquelles de la donnée est disponible, mais qui, une fois

confrontées aux critères et aux seuils quantitatifs de la méthodologie, sont proches des seuils de menaces sans toutefois remplir toutes les conditions de ces catégories CR, EN ou VU.

Ces espèces présentent un intérêt particulier dans la mesure où elles peuvent présenter une certaine urgence en termes d'action de conservation avant de les voir basculer dans le lot des espèces dites « menacées de disparition ». Ces résultats représentent un outil d'aide à la décision et une mise en lumière d'enjeux relatifs à la connaissance et la conservation de ce groupe taxonomique.

Vis à vis du grand public et de la communauté naturaliste, l'exercice a permis de rappeler et de communiquer sur les causes qui provoquent la raréfaction et la disparition de ces espèces.

Dans le cas des mollusques continentaux les menaces et pressions sont bien connues et se résument en 4 grandes catégories :

- 1) La dégradation des habitats liée à l'aménagement et à l'urbanisation ;
- 2) Les pollutions des milieux humides ;
- 3) Les espèces exotiques envahissantes qui entrent en compétition avec les espèces indigènes ;
- 4) Les effets du réchauffement climatique.

## UNE LISTE ROUGE NATIONALE ... ET APRÈS ?

La publication d'une Liste rouge n'est que le début du processus de décision et d'action en faveur de la biodiversité d'un territoire. Une Liste rouge n'est pas un outil réglementaire, c'est un état des lieux scientifique et publique, qui illustre les enjeux et les menaces sur une série d'espèces et à une échelle géographique donnée. Il s'agit ensuite de traduire et d'intégrer les résultats dans des **priorités de conservation pour les espèces évaluées** (CR, EN, VU, NT ou LC) qu'elles soient menacées ou non, ou des **priorités de connaissance en particulier pour les espèces classées DD**.

Assurer la préservation de certaines espèces à enjeux passe forcément par la mobilisation de nombreux acteurs dans les territoires, en collaboration et en bonne articulation selon les compétences et les responsabilités. Cependant, les programmes de conservation sur les invertébrés sont encore trop rares, en particulier pour les mollusques continentaux. On peut toutefois citer les exemples de l'Hélix de Corse qui fait l'objet d'un Plan national d'actions et de la Grande mulette qui bénéficie d'un projet européen LIFE+. Il reste donc encore à accentuer les efforts de conservation en faveur des groupes d'invertébrés comme les mollusques.

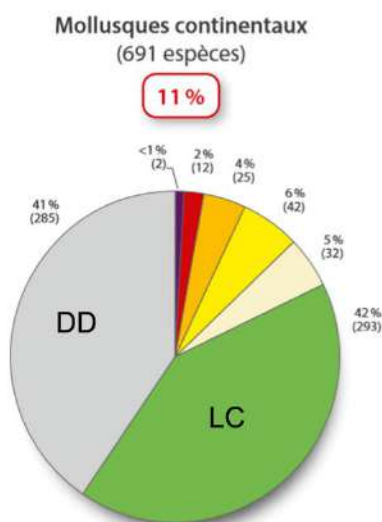


FIGURE 4 : Principaux résultats des évaluations Liste rouge des mollusques continentaux en France métropolitaine (CF UICN, MNHN & OFB, 2021).

Pour définir des priorités de conservation, la Liste rouge ne se suffit pas à elle-même. Pour cela, il est généralement nécessaire de mobiliser d'autres critères et d'autres connaissances: on peut se pencher sur la rareté, la responsabilité, le potentiel évolutif, la fonctionnalité des espèces dans l'écosystème... tous ces éléments peuvent être croisés pour être traduits dans des statuts de patrimonialité reconnus dans les conventions internationales, les directives européennes, les protections réglementaires, les plans nationaux d'actions, les stratégies en faveur des aires protégées ou les ZNIEFF.

Dans le cas des mollusques continentaux, il existe d'ores et déjà des travaux à l'échelle régionale qui illustrent les mécanismes de priorisation des espèces pour la conservation. On peut citer l'exemple en région Grand Est où des exercices de hiérarchisation ont été réalisés pour définir des priorités d'actions en tenant compte des handicaps de connaissance taxonomiques et naturalistes (Bichain et al., 2021)

Par ailleurs, il faut encourager l'usage des outils de cartographie et de modélisation qui sont particulièrement intéressants pour illustrer et servir d'outils d'aide à la décision pour les acteurs en charge de mettre en œuvre les actions de conservation à large échelle. On peut envisager des analyses spatiales et des visuels cartographiques pour identifier les zones de concentration des espèces à enjeux.

Avec 41% des mollusques continentaux présentant un défaut de connaissance, il est légitime de se demander par où commencer pour améliorer les données sur ces espèces ou groupes d'espèces. Les outils Listes rouges peuvent là encore être mobilisés pour définir des priorités de connaissance adaptées. Comme le montre la figure suivante, le croisement des différentes Listes rouges nationale, européenne et mondiale peut permettre d'identifier des pistes d'actions et de recherche. En effet, une espèce qui est mal connue dans 2 niveaux de Liste rouge impose une forte priorité d'amélioration de la connaissance. Dans le cas d'une espèce qui serait mal connue en France, mais qui est

très menacée au niveau européen ou mondial, il est probable que cette espèce soit également menacée dans l'Hexagone, ce qui illustre une forte priorité d'amélioration de la connaissance également, voire *de facto* une priorité de conservation.

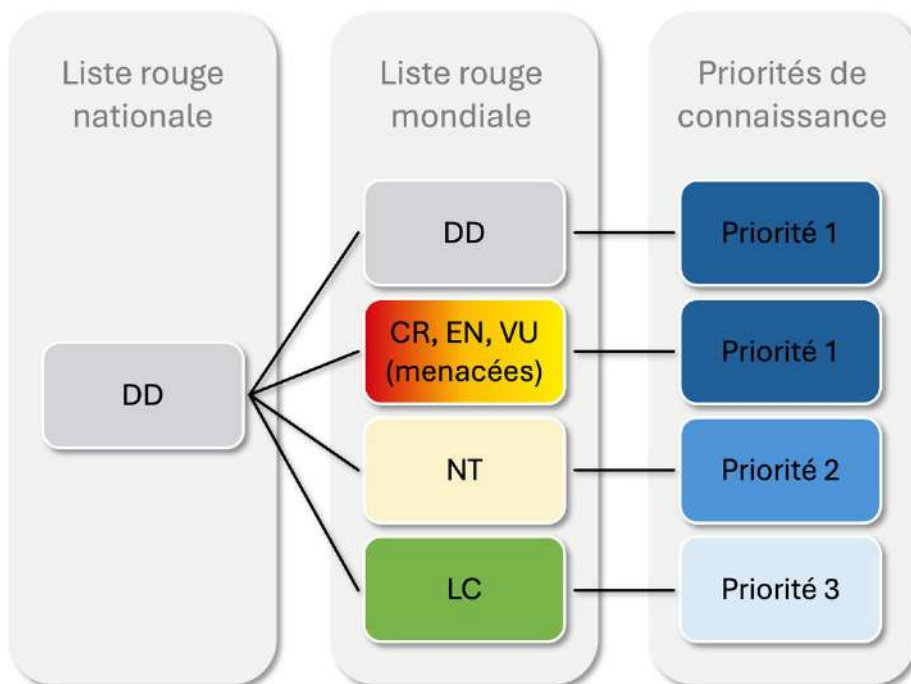
Pour aller plus loin, le défaut de connaissance peut se distinguer en deux catégories :

**1) Le défaut de connaissance pour raison taxonomique :**

Cela concerne les espèces dont la validité taxonomique est douteuse et qui nécessitent un travail de révision taxonomique avec publications de synonymies. Dans ce cas, le contour taxonomique ainsi que les aires de distribution de l'espèce sont mal connus (ex. *Pyramidula*, *Trochulus*, *Oxychilidae*, etc.). Il s'agit donc ici de continuer à collecter et à conserver des spécimens vivants pour mener de futures analyses génétiques à plus ou moins large échelle. Un atelier spécifique a été organisé pour approfondir cette thématique dans le cadre du colloque 2023 (Atelier 2 - Constituer et conserver une collection de mollusques).

**2) Le défaut de connaissance par manque de données d'occurrence :**

Certains secteurs, régions ou départements, sont sous prospectés et on constate un manque cruel de données qui se traduit par des lacunes de connaissance dans les aires de distribution de certaines espèces. A l'échelle nationale, cela s'explique par des données disponibles mais qui ne sont pas partagées et qui ne figurent donc pas dans l'INPN, ou des espèces sur lesquelles il n'y a simplement pas ou peu de données d'observations réalisées. Des travaux sont en cours sur la collecte et la centralisation de données par le biais du déploiement et du renforcement des SINP en région, le développement des sciences participatives ou l'utilisation plus systématique de l'ADNe.



**FIGURE 5 :** Identification des priorités de recherche et de connaissance selon l'exemple du croisement des évaluations Listes rouges nationale et mondiale.

## QUELQUES MOTS DE CONCLUSION

L'exercice d'évaluation des statuts de menaces est un point de départ pour initier de nouveaux projets qu'il faut projeter à plus long terme. De plus, il faut noter que les évaluations Liste rouge sont généralement considérées comme obsolètes au-delà d'une dizaine d'années. L'amélioration des connaissances sur l'ensemble des mollusques continentaux, notamment pour les espèces qui présentent à ce jour un défaut de données précises, permettra d'envisager une actualisation de ce travail d'évaluation. Cela peut s'apparenter à un baromètre de l'état des populations de mollusques continentaux. C'est-à-dire qu'il est possible de réaliser des indices de risques d'extinction des espèces et de suivre leur évolution dans le temps (Red list index ou RLI, Butchart, 2007).

À ce jour, un tel indice a pu être calculé dans le cadre de l'Observatoire national de la biodiversité (ONB 2023) sur les vertébrés dont les groupes ont fait l'objet d'une réévaluation dans le cadre de la Liste rouge nationale. Ce travail, qui n'a pour l'heure pu être réalisé sur des invertébrés, pourrait être envisageable dans le cas des mollusques continentaux de France métropolitaine pour peu que cette première version continue à mobiliser la communauté des malacologues nationaux et des contributeurs de la connaissance, permettant ainsi une réévaluation de la Liste rouge d'ici 2031 par exemple.

Enfin, dans leurs milieux terrestres et d'eaux douces, les mollusques continentaux représentent un groupe original et extrêmement diversifié, avec un fort taux d'endémisme. Parmi les diverses pressions identifiées, la dégradation et la destruction des

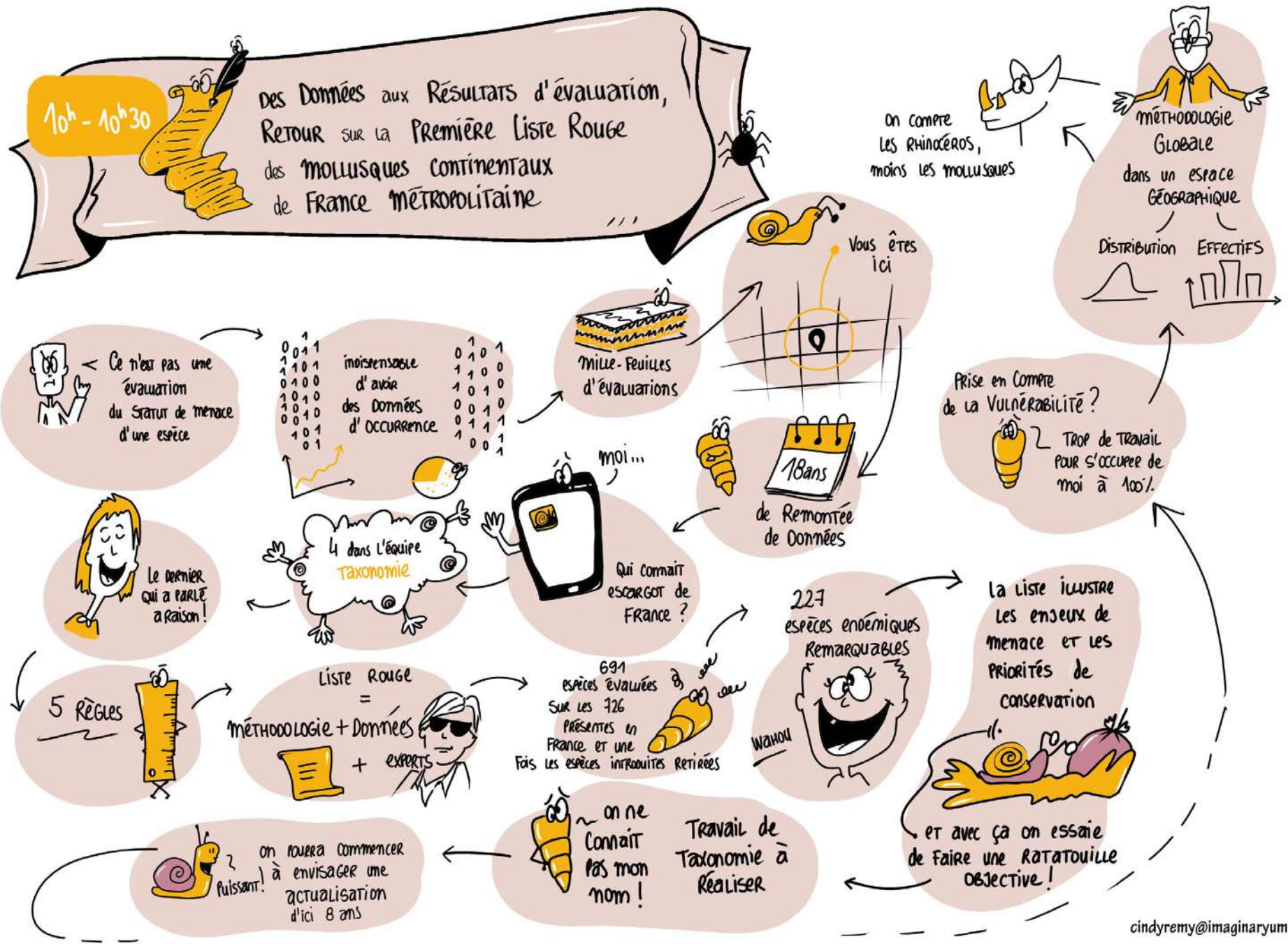
habitats sont des menaces importantes pour ces espèces ayant de faibles capacités de dispersion. Il faut donc garder la mobilisation de toute la communauté de naturalistes comme lors de ce colloque pour consolider les connaissances et encourager l'information de tous les citoyens sur cette biodiversité discrète. Cet événement donne des pistes concrètes pour une meilleure prise en compte de ce groupe dans les stratégies territoriales de conservation des espèces et de leurs habitats.

## RÉFÉRENCES

- Bichain J.M., Umbrecht K., Ryelandt J. & Cucherat X., 2021. Priorités régionales de conservation pour les Mollusques continentaux : un défi pour les taxons mal documentés. *Naturae*, 2021(14): 183-211. <https://doi.org/10.5852/naturae2021a14>
- Butchart S.H.M., Resit Akçakaya H., Chanson J., Baillie J.E.M., Collen B., Quader S., Turner W.R., Amin R., Stuart S.N., and Hilton-Taylor C., 2007. Improvements to the Red List Index. *PLoS ONE* 2, e140. <https://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0000140>
- Gargominy O., 2005. L'Inventaire national du Patrimoine naturel : le Muséum comme Centre de référence des données sur la nature. *MalaCo*, 1: 17-18.
- Gargominy O., Léonard L., Prié V. & Cucherat X., 2016. De l'utilité d'un inventaire national. *MalaCo*, 12: 67-87.
- ONB, 2023. *Proportion d'espèces éteintes ou menacées dans la Liste rouge nationale*. Code indicateur: SNB-B04-12-LRM1. <https://naturefrance.fr/indicateurs/proportion-despeces-eteintes-ou-menacees-dans-la-liste-rouge-nationale>
- Régnier C., Gargominy O. & Gigot, G., 2016. Projet de Liste rouge nationale des mollusques continentaux de France métropolitaine : état des lieux des données disponibles et mise en œuvre [Actes du colloque national de malacologie continentale du 30 et 31 mars 2016 à Barenton-Bugny (Aisne)]. *MalaCo*. 12: 36-38.
- Taylor D. W., 2003. Introduction to Physidae (Gastropoda: Hygrophila); biogeography, classification, morphology. *Revista De Biologia Tropical*, 51(Suppl. 1): 1-287.
- UICN, 2012. *Catégories et Critères de la Liste rouge de l'UICN: Version 3.1. Deuxième édition*. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni: UICN. vi + 32pp. Originellement publié en tant que IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012)
- UICN Comité français, OFB & MNHN, 2021. *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mollusques continentaux de France métropolitaine*. Paris, France.
- Zallot E., Groenenberg D. S. J., De Mattia W., Fehér G. & Gittenberger E., 2014. Genera, subgenera and species of the Cochlostomatidae (Gastropoda, Caenogastropoda, Cochlostomatidae). *Basteria*, 78(4-4): 63-88.

## LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE

Le ministère chargé de l'écologie est actuellement engagé dans un exercice de révision de la protection réglementaire des espèces sur les territoires français. Grâce à la Liste rouge de 2021, les mollusques continentaux de métropole sont désormais de bons candidats pour être considérés dans cette démarche. Les résultats des travaux du colloque seront également très pertinents et utiles pour éclairer les décisions à venir.



# METTRE À JOUR LA LISTE ROUGE DES MOLLUSQUES (GASTÉROPODES ET BIVALVES) DE SUISSE

## Panorama des travaux en cours pour mesurer l'évolution de la diversité des espèces au fil du temps et dans les différents types d'habitats

Glenn LITSIOS - Info Fauna



Depuis le début des années 2000, la mise en place et l'actualisation des Listes rouges mais aussi d'un monitoring précis de la biodiversité a permis d'accroître considérablement les données sur la présence des espèces de mollusques dans les différents milieux naturels, et de former de nouveaux spécialistes sur le terrain. Les travaux d'actualisation de la Liste rouge en vigueur s'appuient sur trois piliers : des relevés réalisés dans des carrés kilométriques préalablement définis, des recherches ciblées sur des espèces rares, une analyse pour dresser un inventaire de la diversité génétique présente au sein des espèces.

### LES MESSAGES CLÉS

- Les Listes rouges sont un outil majeur, elles donnent une force à la protection de la biodiversité, qu'on ne retrouve nulle part ailleurs dans la loi.
- La méthodologie d'actualisation de la Liste rouge des mollusques de Suisse s'appuie sur la mise en place d'un protocole permettant la prospection de 350 carrés kilométriques répartis sur l'ensemble du territoire, couplé à des recherches ciblées d'espèces patrimoniales, notamment sur les anciennes stations connues.
- Les Listes rouges ont permis la mise en place d'un catalogue permanent de formations à la reconnaissance assurant ainsi le renouvellement et la pérennisation d'experts capables d'identifier les espèces.

## LA BIODIVERSITÉ EN SUISSE

La Suisse est divisée en six grandes régions biogéographiques : le Jura, le Plateau, le nord des Alpes, le sud des Alpes, les Alpes continentales, orientales et occidentales au centre du pays.

L'occupation du sol est répartie entre un tiers de forêts, un tiers de zones agricoles et un tiers divisé entre les zones d'habitation, les zones alpines

et les lacs. Les zones de basse altitude sur le plateau sont extrêmement urbanisées.

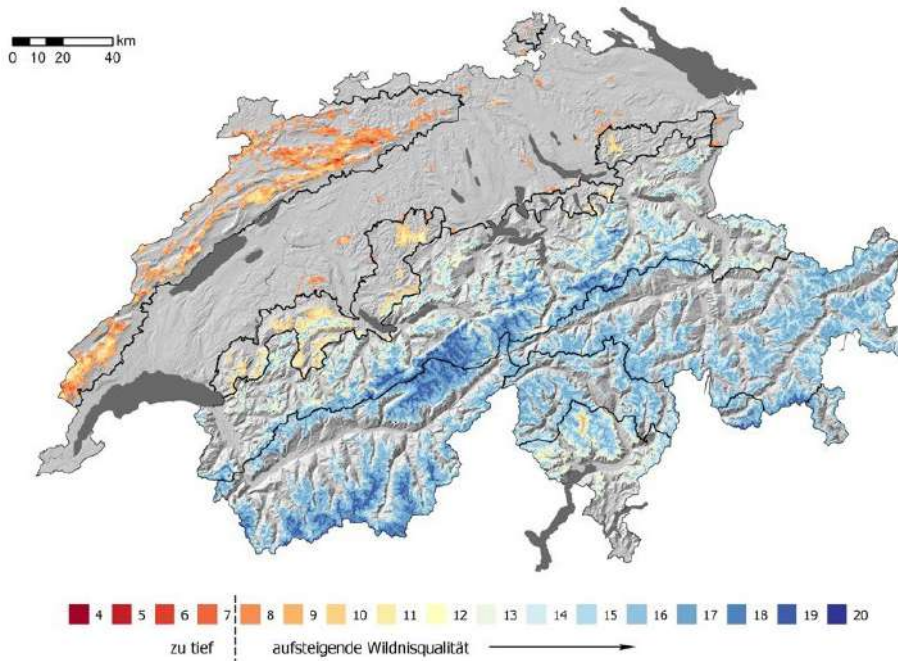
Sur la base de la répartition des espèces végétales d'importance nationale, les surfaces comptant plus que 3 ou 4 de ces espèces sont quasiment toutes situées dans les Alpes, à 2000 m d'altitude en moyenne. De même, l'analyse des zones où la Suisse est encore sauvage montre que ces zones se concentrent dans les Alpes, suivies partiellement par le Jura qui se trouve cependant de plus

en plus soumis à la pression urbaine. Les Alpes jouent donc un rôle majeur dans l'accueil et la préservation de la biodiversité de Suisse.

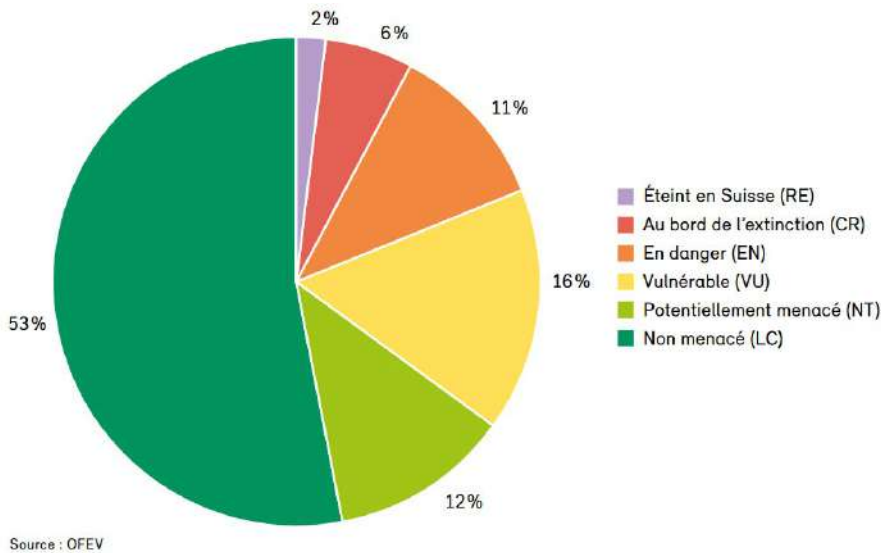
## LES LISTES ROUGES EN SUISSE

Les Listes rouges jouent le même rôle qu'en France ou au niveau mondial, mais leurs utilisations sont un peu différentes.

## Qualität der Wildnisgebiete der Schweiz



**FIGURE 1 :** Zones encore « sauvages » en Suisse. Qualité des zones sauvages > 200 ha en Suisse sur une échelle de 4 à 20 (sans dimension). Les valeurs ≤ 7 ne sont pas affichées car la qualité de la nature sauvage y est trop faible.



**FIGURE 2 :** Part des espèces selon les catégories de menace en Suisse.

Dressant le bilan du degré de menace pesant sur les espèces et les milieux naturels, elles sont établies par des spécialistes mandaté·e·s par l'Office fédéral de l'environnement, un organisme qui agit tant en tant qu'agence que de ministère, ce qui permet un lien direct entre le suivi et le transfert dans la loi.

Il existe une Liste rouge pour 28 groupes d'organismes ainsi que pour les milieux naturels depuis 2016. La Liste rouge peut être utilisée pour deux objectifs importants :

- Informer la pesée des intérêts. En cas de projet immobilier, de construction de barrage, etc., si lors de l'étude d'impact envi-

ronnemental sur le périmètre une espèce Liste rouge est présente, une pesée des intérêts sera effectuée. Si l'espèce revêt une importance particulière (locale, régionale ou nationale), le projet ne pourra se faire qu'en cas d'une nécessité de portée égale ou supérieure. Cette disposition pouvant aboutir à l'arrêt de projets, les Listes rouges constituent un outil majeur pour la protection de la nature, sans équivalent dans la loi Suisse.

- Définir les priorités nationales pour la conservation des espèces. En Suisse, la Confédération donne les priorités et les financements, mais ce sont les cantons qui sont responsables de la mise en œuvre de la protection de la biodiversité.

Les Listes rouges sont également utilisées pour informer sur l'état de la biodiversité. Ainsi, la *Biodiversité en Suisse, état et évolution*<sup>1</sup>, document technique publié courant 2023 par l'Office fédéral de l'Environnement, compte 80 pages d'indicateurs parmi lesquels l'outil "Liste rouge" apparaît comme l'un des indicateurs le plus clair.

Les Listes rouges favorisent enfin la connaissance des espèces et contribuent à des projets de recherche et de développement. Des programmes en lien avec ces listes prévoient la mise en place d'ateliers de formation qui visent à renouveler et conserver des spécialistes capables d'identifier les espèces<sup>2</sup>.

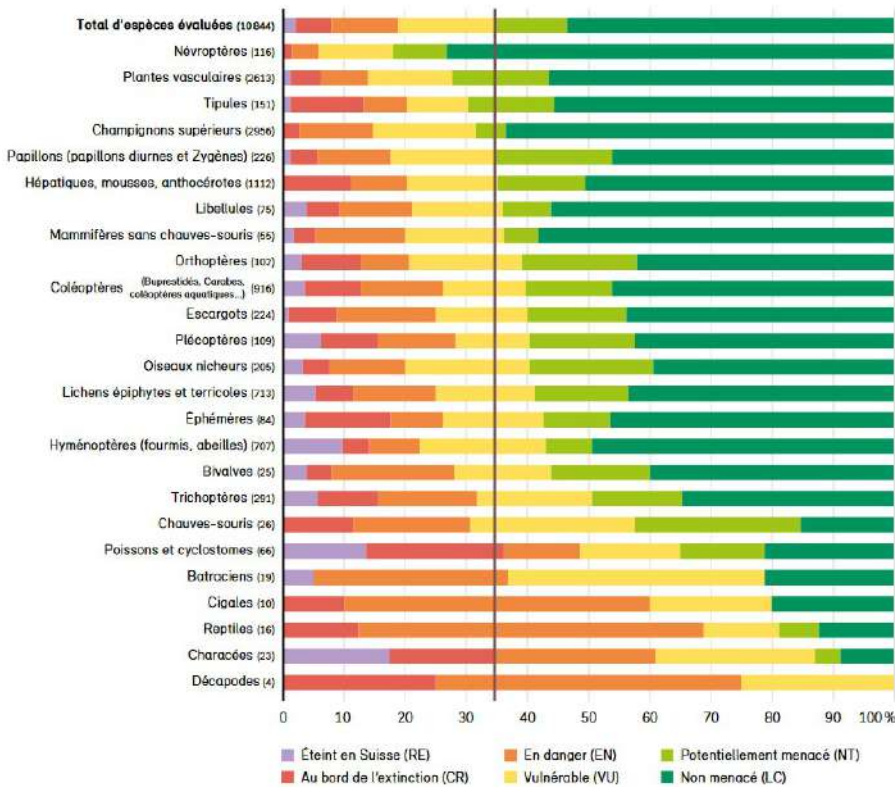
Selon la synthèse des Listes rouges au niveau national<sup>3</sup>, publiée également en 2023, un tiers des espèces sont menacées, 12% le sont potentiellement et 2% sont éteintes.

1 Biodiversité en Suisse, état et évolution : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/publications/publications-biodiversite/biodiversite-en-suisse-etat-etevolution.html>

2 Stratégie de formation à la connaissance des espèces : <https://www.infospecies.ch/fr/formation/strategie.html>

3 Espèces et milieux menacés en Suisse : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/publications/publications-biodiversite/especes-menacees-suisse.html>

Quelque 35 % des 10 844 espèces évaluées sont menacées ou éteintes (ligne verticale : moyenne de toutes les espèces). Entre parenthèses : nombre absolu d'espèces évaluées. État 2022.



Source : OFEV

**FIGURE 3 :** Part des espèces selon les catégories de menace par groupe d'organismes.

En Suisse, les milieux humides ont souvent été drainés depuis une centaine d'années, la majorité des lacs sont corrigés, les rivières canalisées... La majorité des espèces les plus menacées (décapodes, characées, amphibiens, poissons, trichoptères...) sont donc sans surprise des espèces fortement liées au milieu humide.

## LE SUIVI DES MOLLUSQUES

Un programme de monitoring de la biodiversité au niveau national est financé depuis 2001. Il consiste en un réseau aléatoire, une grille posée sur le territoire pour mesurer l'état de la biodiversité sur trois groupes d'organismes recensés: plantes vasculaires, mousses et gastéropodes.

Ce réseau est composé de 1 500 surfaces circulaires de 10 m<sup>2</sup>, sur lesquelles les botanistes font un inventaire complet des plantes, ramassent des mousses qui seront identifiées

ensuite en laboratoire et font des prélèvements de sol : 8 prélèvements sont effectués autour de la limite extérieure de l'aire étudiée. Ces prélèvements de sol sont séchés, triés, tamisés et les coquilles sont identifiées en hiver. Sur le terrain, les botanistes sont également formés à la recherche des coquilles des espèces de taille moyenne à grande. Ces relevés ne sont pas aussi qualitatifs que s'ils étaient faits par des malacologues mais donnent cependant des éléments extrêmement intéressants.

La grille d'échantillonnage quadrillant l'ensemble du territoire a pu être mise en place en Suisse car le code civil autorise l'accès à la forêt, même privée, et aux zones agricoles de type pâturages. Certains points, tombant sur des toits par exemple, ne permettent d'identifier aucune espèce, mais cela ne pose pas de problème puisque l'idée est de donner un état réaliste de la biodiversité : si l'état réel de la biodiversité à tel endroit est de 0 espèce, il faut pouvoir le documenter.

La publication de l'Office fédéral de l'environnement *Monitoring*

et suivi des effets dans le domaine de la biodiversité (2020)<sup>4</sup> revient sur les différents types de monitoring en Suisse.

## LES LISTES ROUGES DES MOLLUSQUES

Une première Liste rouge des mollusques de Suisse a été réalisée en 1994, basée uniquement sur le dire d'expert, sans appliquer de stratégie d'échantillonnage (Turner, Wütrich & Ruetschi in Duelli 1994). Entre 2004 et 2009, a été mis en place un projet d'actualisation de la Liste rouge des mollusques terrestres de Suisse comprenant cette fois des relevés sur le terrain. En cinq ans, environ 800 sites ont été ainsi visités pour récolter les données permettant de mener cette évaluation selon les critères UICN. Cette Liste rouge actualisée a été publiée en 2012.

Une nouvelle mise à jour de cette Liste rouge a débuté en 2020, avec une phase préparatoire qui a consisté à organiser le projet, constituer une équipe, obtenir les financements et définir les endroits où les connaissances sont lacunaires. En 2021, la phase opérationnelle a commencé avec les premiers relevés sur le terrain.

Les 350 carrés kilométriques retenus pour la phase d'échantillonnage ont en grande majorité déjà été visités précédemment pour recueillir des données, ce qui permet une comparaison entre l'état précédent et l'actuel. Le carré kilométrique est matérialisé par une carte sur laquelle sont définis les différents types de milieux naturels présents sur le site. Des relevés sont effectués sur ces différents milieux (sur une durée de 8 heures maximum), pour obtenir une liste d'espèces la plus exhaustive possible.

Sur le terrain les spécialistes ont aussi la possibilité de faire des prélèvements de sol de manière ciblée, ce qui augmente les chances de

<sup>4</sup> Monitoring et suivi des effets dans le domaine de la biodiversité (2020) : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/publications/publications-biodiversite/monitoring-et-suivi-des-effets-dans-le-domaine-de-la-biodiversite.html>



trouver certaines petites espèces, comme c'est le cas par exemple dans les marais. Pour certaines espèces comme, par exemple, les *Vertigo*, les *Pupilla* ou les Aciculidae, la proportion d'occurrences provenant de ces prélèvements de sol est très élevée.

Il est donc dans certains cas indispensables d'effectuer des prélèvements de litière pour ne pas passer à côté de certaines espèces plus difficiles à repérer sur le terrain.

Quelques recherches spécifiques sont également menées sur des espèces très rares, CR ou EN. Le malacologue part sur le terrain avec une liste des espèces ciblées, reçoit l'occurrence initiale et recherche l'espèce dans cet endroit.

S'il ne la trouve pas, il dispose de quelques heures pour prospecter dans le carré kilométrique. Il en profite bien entendu pour établir une liste des autres espèces observées,

sans objectif d'effectuer un relevé exhaustif.

En appliquant cette méthodologie, il a fallu deux années de terrain pour couvrir un peu moins de la moitié de ces 350 carrés échantillons.

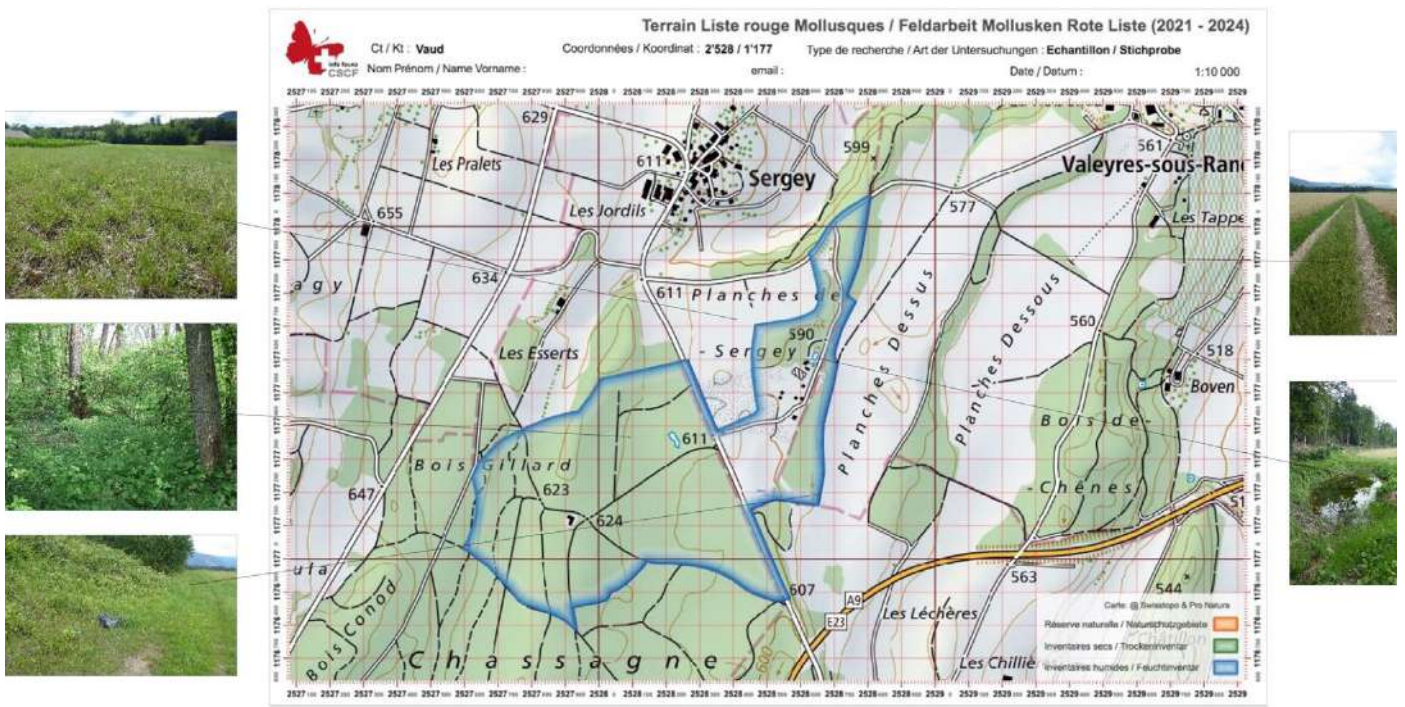


FIGURE 4 : Inventaire d'un carré kilométrique.

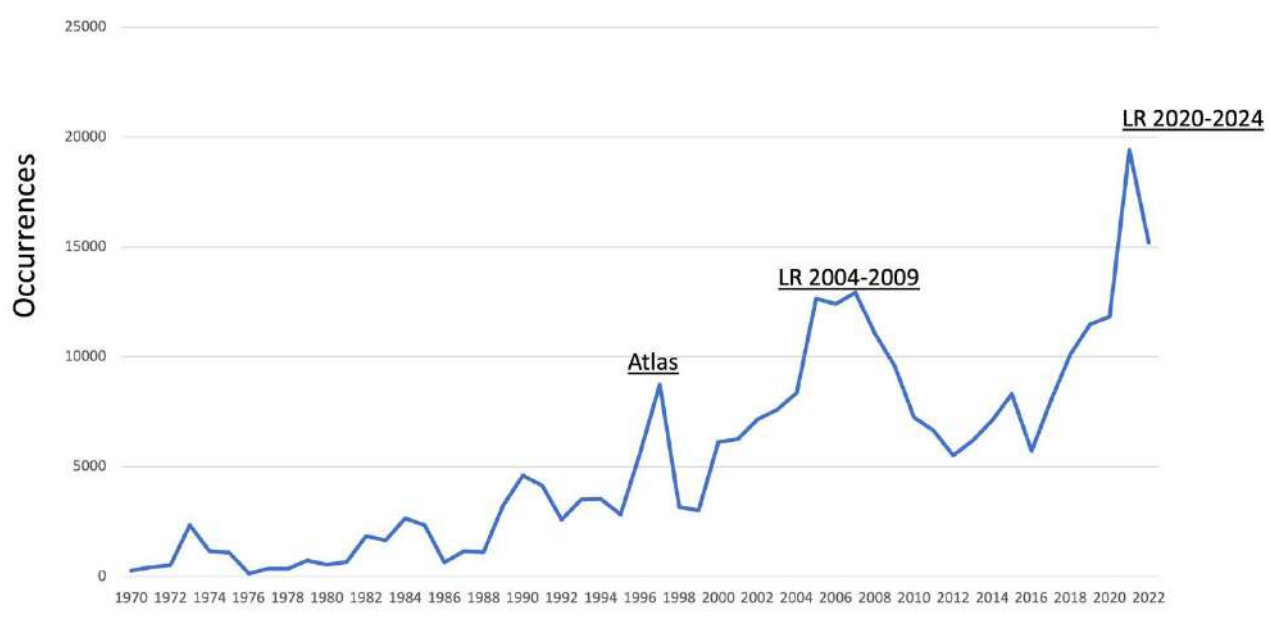


FIGURE 5 : Évolution du nombre de données malacologiques annuelles produites en Suisse au cours du temps.

## LES MOLLUSQUES DES GRANDS LACS

Un projet spécifique sur les mollusques des grands lacs est né d'une synergie entre la Liste rouge des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères et celle des mollusques, dont les mises à jour sont conduites en parallèle. Ces recherches sont menées dans les quinze plus grands lacs de Suisse. La méthodologie de prospection consiste à effectuer une traversée en ligne droite dans une barque. Celle-ci s'arrête sur plusieurs dizaines de stations le long du transect pour effectuer les prélèvements de sédiments, à l'aide d'une benne Ekman. Cet échantillonnage colossal de sédiments est ensuite récupéré, trié et identifié en laboratoire.

Après les lacs de Joux, Morat, Neuchâtel et Bienne en 2021, puis ceux de la Suisse italienne, côté sud des Alpes en 2022, le projet devrait se poursuivre et s'achever en 2024.

Pour conclure, les différentes recherches et les programmes mis en place pour l'actualisation des Listes rouges ont permis d'accroître progressivement la quantité de données disponibles, et de limiter le déclin du nombre de spécialistes sur le terrain grâce aux programmes de formations.

Des analyses intermédiaires issues des premiers relevés devraient être disponibles fin 2023, les dernières prospections, le contrôle et l'inté-

gration des données seront fait en 2024 avant une phase d'analyse et de rédaction pour une publication de la nouvelle liste révisée souhaitée en 2026.

### “ Remerciements

**Coordination Liste rouge des mollusques :** François Claude, Peter Müller, Jörg Rüetschi, Pascal Stucki, Glenn Litsios

**Collaborateur.rice.s terrain Liste rouge mollusques 2022:** Dunja Al Jabaji, Jérôme Fournier, Nico Heer, Katja Lassauer, Jonas Leuenberger, Sophie Marti, Isabelle Nussbeck, Michael Ryf, Gauvain Saucy, Remo Wenger

**Collaborateur.rice.s détermination :** Viviane Schallenberg (Limaces), Nigel Thew (Pisidium)

**Dépôt des spécimens récoltés :** Naturhistorisches Museum Bern (merci à Estée Bochud & Eike Neubert)

### RÉFÉRENCES

– OFEV (éd.), 2020. Monitoring et suivi des effets dans le domaine de la biodiversité. Vue d'ensemble des programmes nationaux et de leurs recoupements avec les programmes cantonaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. *L'environnement pratique* n° 2005 : 58 p.

– OFEV (éd.), 2023. Espèces et milieux menacés en Suisse. Synthèse des Listes rouges. Office fédéral de l'environnement, Berne. *État de l'environnement* n° 2305 : 58p.

– OFEV (éd.), 2023. Biodiversité en Suisse. État et évolution. Office fédéral de l'environnement, Berne. *État de l'environnement* n° 2306 : 98p.

– Rüetschi J., Stucki P., Müller P., Vicentini H., Claude F., 2012. Liste rouge Mollusques (gastéropodes et bivalves). Espèces menacées en Suisse, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel. *L'environnement pratique* n° 1216 : 148 p.



## QUESTIONS-RÉPONSES

**Guillaume DOUCET, CEN Bourgogne : *L'ADNe a-t-il été utilisé dans le cadre de ces programmes ?***

**R.** : Pour les mollusques, pas du tout, en revanche il est utilisé en complément pour certains suivis, par exemple pour les amphibiens. Pour l'instant, on essaie de l'utiliser au minimum pour conserver le plus possible de personnes capables d'identifier les espèces, dans l'idée de toujours promouvoir les connaissances.

**Olivier GARGOMINY, PatriNat : *Pour les prélèvements, faites-vous du quantitatif ? Comptez-vous toutes les coquilles de chaque espèce, même les juvéniles ?***

**R.** Oui et non : sur le terrain, quand on fait les relevés, on estime les tailles de populations. Mais pour le moment, on imagine utiliser les critères de distribution et pas forcément ceux liés aux tailles des effectifs. En laboratoire, toutes les coquilles ne sont pas identifiables, notamment les juvéniles. C'est extrêmement compliqué pour certaines espèces (trop petites, cassées...). Dans ce cas, l'abondance est notée mais elle n'est pas très représentative de l'abondance réelle des populations.

**O.G. : *Ce que vous avez prélevé à 140 mètres de profondeur lors des prospections dans les grands lacs, ça a donné quelque chose pour les mollusques ? Est-ce que le jeu en vaut la chandelle ?***

**R.** Je n'ai pas vu les résultats pour l'instant. Mais on a appris pas mal de choses sur les moules, notamment la Moule quagga, qui pose problème. Dans le lac de Neuchâtel, sur le site le plus profond, la présence de cette moule a été observée. On savait que cette moule était présente mais pas à ce point-là, c'était assez impressionnant.

**Guillaume GIGOT, PatriNat : *Prévoyez-vous de faire un Red List Index ?***

**R.** Oui, pour toutes les réactualisations de Listes rouges, on calcule ce Red List Index. C'est standard. Dans la communauté scientifique en Suisse, ce n'est pourtant pas un indice apprécié par tout le monde, parce qu'il est compliqué à interpréter : ce n'est pas forcément parce qu'il y a une tendance qui remonte que cela va mieux. Pour les amphibiens par exemple, on a eu pas mal de problèmes avec cet indice parce qu'on a des effectifs de populations qui se sont effondrés puis, grâce à la préservation des espèces, remontent par la suite mais ne rattrapent pas

les niveaux d'origine. Si on suit les critères, on doit alors sortir des espèces de la Liste rouge alors qu'en réalité elles restent déficitaires.

**Jean-Michel BICHAIN, SHNEC : *C'est plus qu'une Liste rouge, le nombre d'informations fournies est très intéressant, même pour nous, vos voisins. Peux-tu nous en dire plus sur le cycle de formation que vous dispensez à vos collaborateurs ?***

**R.** Info fauna, le centre de compétences pour la faune, et son équivalent pour la flore sont regroupés au sein d'InfoSpecies, une structure qui propose des formations parfois généralistes, parfois spécifiques. Pour la Liste rouge, par exemple sur la faune du versant sud des Alpes qui est très différente de celle du nord des Alpes, comme il y avait peu de personnes compétentes, nous avons organisé un cours spécifique pour former des experts sur cette zone.

On essaie aussi d'avoir une part de mentorat dans les demandes de financement. Cela permet embaucher deux personnes : une personne experte et une qui se forme, pour pouvoir notamment faire les identifications des coquilles qui arrivent triées et dont on n'a parfois pas le contexte de provenance. On peut payer deux personnes pour identifier deux fois la même chose en aveugle, comparer et apprendre.

**Damien COMBRISSON, Parc national des Écrins : *Y a-t-il de nouvelles placettes d'échantillonnage mises en œuvre ou est-ce que l'échantillonnage est stabilisé autour des placettes existantes, avec un suivi de l'évolution de la dynamique des habitats mesurée sur ces placettes ?***

**R.** Dans le cas de la Liste rouge, on n'a pas fixé ces 350 carrés. J'aimerais aller dans cette direction, ce serait statistiquement plus juste de comparer toujours la même chose. Jusqu'à présent, on essaie de sélectionner une partie de carrés similaires et de prendre en compte les nouvelles connaissances, les données qu'on nous envoie pour rajouter de nouveaux carrés, pour des évaluations dynamiques. Dans ce cadre, on note le type de milieu, mais il n'y a pas beaucoup d'informations sur le suivi du milieu en tant que tel. C'est plutôt effectué dans les monitorings, qui se font toujours exactement au même endroit : on peut faire des comparaisons, regarder le nombre de prairies sèches devenues des prairies grasses, etc.

# Mettre à jour la Liste Rouge des mollusques de Suisse

10h30 - 11h  
6 grandes Régions en Suisse

Zones de basse altitude les plus utilisées

Responsabilité internationale

Listes Rouges pour 28 groupes

La Confédération donne les priorités

Suivi des mollusques depuis 2001  
ne bouge plus, on est suivis!  
on a de la chance!

Consultez moi  
monitoring

350 carrés échantillons  
Tu préfères lequel?

Recherche d'espèces cibles dans le carré kilométrique

Bientôt tous les lacs couverts

critères de distribution plutôt que taille des effectifs  
c'est pas la taille qui compte...

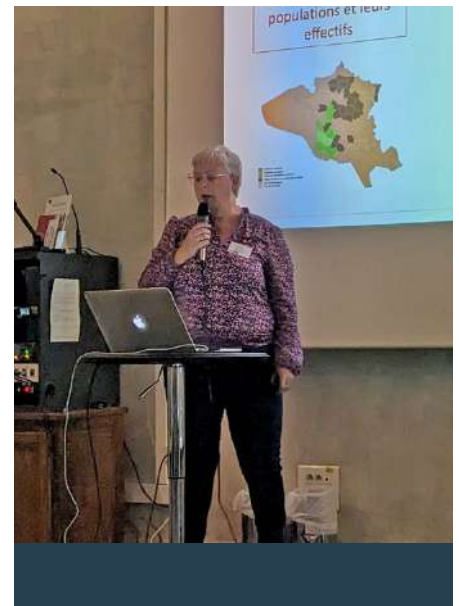
on a des problèmes avec les amphibiens

Je viens de tomber sur une coquille en ouvrant la boîte...

# LE PLAN NATIONAL D' ACTIONS EN FAVEUR DE LA GRANDE MULETTE 2022-2031

## Présentation des principaux axes et retour sur les premières actions mises en place

**Nina RICHARD** – Animatrice du PNA en faveur de la Grande mulette, Université de Tours (CETU Elmis Ingénieries)



La Grande mulette est un mollusque bivalve dulçaquicole considéré comme en danger critique d'extinction au niveau mondial. La plus grande population mondiale étant identifiée dans la rivière de la Charente, la France a une responsabilité majeure dans la sauvegarde de l'espèce. En proposant une stratégie nationale pour la conservation de l'espèce, ce second PNA s'inscrit dans une vision à long terme et doit permettre le maintien des populations actuelles et de leur habitat dans un bon état de conservation ainsi que le retour de l'espèce.

### LES MESSAGES CLÉS

- 🗨️ L'aire de répartition de la Grande mulette s'est réduite de plus de 90% sur les deux derniers siècles.
- 🗨️ L'esturgeon européen, poisson-hôte historique, ayant quasiment disparu de nos cours d'eau, il est essentiel d'œuvrer pour le maintien des effectifs et le retour de la Lamproie marine, nouveau poisson-hôte identifié.

## PRÉSENTATION DE LA GRANDE MULETTE (*PSEUDUNIO AURICULARIUS*)

La Grande mulette est le mollusque bivalve autochtone d'Europe de l'Ouest le plus massif, il peut mesurer jusqu'à 18 cm et peser jusqu'à 450 g.

Sa durée de vie est estimée à environ 70 ans selon les programmes de recherche espagnols. Cette espèce de plaine, présente dans les eaux courantes, tempérées, calcaires et de relativement bonne qualité, vit en partie enfouie dans des sédiments stables et composés de graviers fins à pierres fines, principalement dans

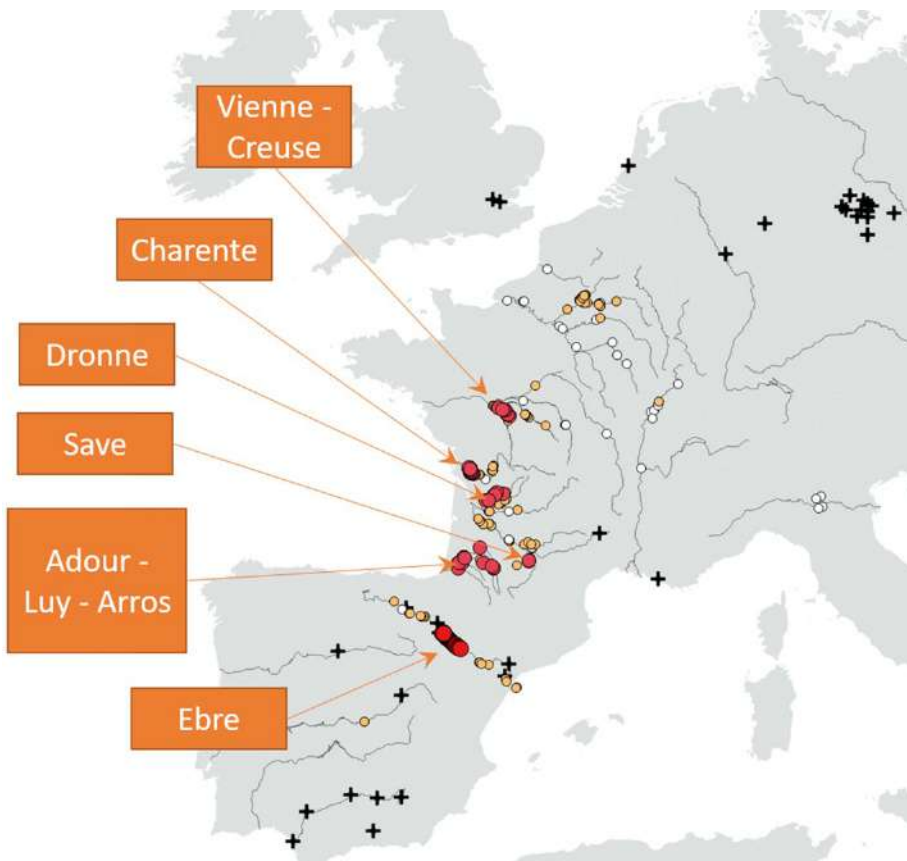
des zones de radiers et de plats courants. On la retrouve dans une gamme de profondeur à l'étiage allant jusqu'à 2,5 mètres sauf dans la Charente, où on la retrouve jusqu'à 5 ou 6 mètres de profondeur. Il s'agit d'un filtreur passif.

La Grande mulette ne se reproduit qu'une fois par an en émettant dans le milieu ses larves (glochidies) qui iront s'enkyster sur les branchies d'un poisson-hôte. Au bout d'environ un mois et demi, les larves devenues juvéniles vont se décrocher et s'enfouir dans le sédiment puis remonter vers la surface au fur et à mesure de la croissance des juvéniles.

La présence et l'abondance des poissons-hôtes sont donc déterminantes pour un bon recrutement, ainsi que la présence d'un substrat de bonne



**FIGURE 1 :** Grande mulette (photo : N. Richard).



**FIGURE 2 :** Répartition passée et actuelle de la Grande moulette (Prié et al. 2018).

- Populations vivantes
- Points jaunes : populations connues de coquilles uniquement
- Points blancs : données historiques (bibliographie et spécimens de musées)
- ✕ Données fossiles

qualité, avec surtout un sous-écoulement oxygéné pour assurer le succès de la croissance des juvéniles au sein des sédiments.

L'Esturgeon européen, historiquement connu comme le poisson-hôte de la Grande moulette, ayant largement disparu de nos rivières et sachant qu'un recrutement effectif existait sur certains cours d'eau avec des individus de Grande moulette de 10 à 15 ans, un travail d'identification d'autres espèces de poissons-hôtes a été effectué et des tests en laboratoire ont montré que la Lamproie marine pouvait aussi être un poisson-hôte.

L'aire de répartition de la Grande moulette s'est réduite de plus de 90% sur les deux derniers siècles. Historiquement connue dans la plupart des cours d'eau d'Europe de l'Ouest, elle a longtemps été considérée comme disparue et n'a été redé-

couverte qu'à la fin des années 1990 - début des années 2000.

Actuellement, l'espèce est répartie en six populations en Europe, une population en déclin relatif sur l'Èbre en Espagne et cinq populations en France : sur les rivières Vienne-Creuse, la Charente, la Dronne (affluent de la Dordogne), la Save (affluent de la Garonne), l'Adour et deux de ses affluents, le Luy et l'Arros.

La principale population mondiale est celle de la Charente, avec à peu près 80 000 individus estimés. Sur les autres cours d'eau, les effectifs des populations sont faibles : on ne compte ainsi qu'environ 200 individus sur la Vienne et la Creuse, 150 sur la Dronne et 400 individus sur l'Adour, le Luy et l'Arros. Sur la Save, la population est en déclin mais des prospections récentes ont permis de retrouver de nouvelles stations avec des individus vivants.

La France a par conséquent une responsabilité majeure dans la sauvegarde de l'espèce.

## LES CAUSES HISTORIQUES DU DÉCLIN DE L'ESPÈCE ET LES MENACES ACTUELLES

La Grande moulette a été sur-pêchée pour sa nacre entre le XVIII<sup>e</sup> et le XX<sup>e</sup> siècle. En effet, ce mollusque massif possède une coquille avec une couche de nacre très importante qui a été largement utilisée pour la fabrication de boutons. Il s'agit également d'une espèce considérée comme produisant des perles, bien que ce soit peu fréquent, avec une perle tous les 2 000 individus environ.

Les autres causes historiques et menaces actuelles sur cette espèce sont la raréfaction de ses poissons-hôtes (l'Esturgeon européen, qui a quasiment disparu de nos cours d'eau, et la Lamproie marine, qui montre actuellement des effectifs largement en déclin), la dégradation de la qualité des eaux (augmentation de l'eutrophisation, pollutions diffuses, augmentation des matières en suspension...), mais surtout la détérioration de son habitat avec les nombreux obstacles à l'écoulement et les aménagements des cours d'eau (recalibrages, fractionnements...). Les changements globaux impactent également fortement l'espèce, ainsi que la présence d'espèces exotiques envahissantes telles que les corbicules, déjà bien présentes, et l'Anodonte chinoise, qui n'a pas encore été détectée sur les stations de Grande moulette mais dont la prolifération est source d'inquiétude.

Pour toutes ces raisons, la Grande moulette est classée en danger critique d'extinction sur les Listes rouges mondiale et européenne de l'UICN, ainsi que sur la Liste rouge des mollusques continentaux de France métropolitaine.

## LES PRINCIPAUX OBJECTIFS DU PLAN NATIONAL D'ACTION 2022-2031

La Grande mulette a bénéficié d'un premier PNA entre 2012 et 2017, coordonné par la DREAL Centre-Val-de-Loire, au cours duquel un programme LIFE Conservation de la Grande mulette en Europe a été porté par l'Université de Tours entre 2014 et 2018, arrêté prématurément faute de co-financement.

Le bilan de ce premier PNA montre un développement important des actions en faveur de l'espèce et des coopérations entre les différents acteurs, ainsi qu'une nette amélioration de la connaissance de l'espèce, de sa biologie et de son écologie. Toutefois, certains aspects restent à préciser, notamment en termes d'exigence d'habitat pour les différents stades de l'espèce et d'identification de poissons-hôtes. La gestion et la restauration d'habitats favorables ont fait l'objet de peu d'actions concrètes dans le cadre de ce premier PNA.

Un second PNA (2022-2031) a été rédigé, fruit de deux ans d'un travail collaboratif de l'ensemble des membres du Comité de pilotage (une quarantaine de structures représentées). Son objectif principal est le maintien des populations actuelles et de leur habitat dans un bon état de conservation pour un retour de l'espèce.

Ce plan définit 17 actions selon 3 grands axes : la connaissance, la sauvegarde et la communication.

### Axe Connaissance

L'objectif de cet axe est d'affiner la connaissance sur l'aire de répartition et les effectifs actuels et d'améliorer la connaissance sur la biologie et l'écologie de l'espèce pour renforcer les populations.

Une des actions consiste à mettre en œuvre un suivi à long terme des populations et de leurs effectifs, non pas dans l'espoir de trouver de nouvelles populations importantes en France

– les inventaires réalisés ayant déjà permis d'identifier les cinq populations actuelles – mais pour découvrir de nouvelles stations au sein de ces cours d'eau. Différentes prospections menées ces dernières années en utilisant l'ADNe ont ainsi permis de découvrir des stations en amont des celles déjà connues sur la Charente et sur la Save.

D'autres actions permettent de préciser les conditions de vie de l'espèce pour mieux comprendre quel est son habitat optimal, quel comportement est adopté par les Grandes mulettes en fonction des événements, ou encore quels sont les paramètres de survie et de croissance des juvéniles au sein du sédiments. En effet, des travaux ont étudié la biologie et l'écologie des adultes mais il existe peu d'informations sur la croissance des juvéniles.

Les recherches sur les nouveaux poissons-hôtes initiées dans le cadre du programme LIFE et du premier PNA pourront être poursuivies et une station de reproduction artificielle et d'élevage, mise en place sur la Vienne à Chinon, sera remise en fonctionnement de façon à mieux connaître les paramètres de survie et de croissance des juvéniles. Jusqu'à présent, des juvéniles n'ont pu y être élevés que jusqu'à un âge de 100 jours, sans pouvoir atteindre le stade adulte. Face à ce constat, une rencontre a été organisée avec l'équipe de recherche espagnole de Keiko Nakamura (Gouvernement d'Aragon), qui a réussi à élever des individus de Grande mulette issus de l'Èbre jusqu'à 7 ans, permettant d'identifier les principales erreurs commises sur la façon d'élever les juvéniles. Une recherche de financement est en cours pour relancer la station d'élevage afin de renforcer les populations et identifier les menaces et les causes actuelles de raréfaction de l'espèce.

### Axe Sauvegarde

Les objectifs de cet axe sont multiples :

- Mettre en place une meilleure protection de l'espèce et de son habitat.

La mise en place de périmètres de protection de l'espèce adaptés aux pressions est préconisée, ceux-ci peuvent constituer des mesures de protection préliminaires à la mise en place d'actions de concertation et de conservation et permettent de prendre en compte plus en amont les impacts de projets d'aménagement. Par exemple, un périmètre de protection, d'abord une réserve de pêche puis un espace naturel sensible a été mis en place sur le Luy, un affluent de l'Adour. Sur la Vienne et la Creuse, un arrêté de protection de biotope est en concertation.

Cela suppose également une meilleure prise en compte de l'espèce, mais aussi de son habitat, dans les études réglementaires, le renforcement le plus en amont possible de la stratégie d'évitement des impacts sur l'espèce, ainsi que la mise en place d'outils d'alerte à destination de maîtres d'ouvrages de projets d'aménagement qui peuvent impacter la Grande mulette de manière plus ou moins durable.

- Restaurer la continuité et renforcer les populations.

Le rétablissement du transit migratoire des poissons-hôtes de l'espèce et du transit sédimentaire permettra d'améliorer la qualité de l'eau, des habitats et du sous-écoulement. Le retour des poissons-hôtes identifiés sera favorisé, en s'assurant notamment de la bonne fonctionnalité des passes à poissons sur les cours d'eau où la Grande mulette est présente et en restaurant ou en maintenant les zones de reproduction des poissons-hôtes. Enfin, la station de reproduction et d'élevage de juvéniles permettra à terme de réintroduire directement dans le milieu, ou via le relâché de poissons-hôtes infestés.

- Adapter la gestion des cours d'eau qui hébergent l'espèce : formuler des grands principes de gestion et fournir des outils d'alerte pour préciser les points de vigilance.

Cette action passe par la compréhension des problématiques de gestion des cours d'eau qui hébergent l'espèce, la proposition de mesures pour mieux gérer les ripisylves et les parcelles proches de stations d'individus



FIGURE 3 : Barrage de Descartes sur la Creuse (photo : LOGRAMI).



FIGURE 4 : La drague nommée « La Grande Mulette » sur la Charente (photo : Département de Charente Maritime).



FIGURE 5 : Travaux de restauration (photo : L. Philippe).

vivants et l'amélioration de la qualité de l'eau et des habitats.

Un guide de bonnes pratiques sera édité à destination des gestionnaires de cours d'eau et des aménageurs dans le cadre des mesures compensatoires. Ce guide leur fournira des outils pour leur permettre de mettre en place des protocoles d'inventaires avant travaux et prendre en compte l'espèce si besoin est. La Grande mulette a ainsi bénéficié de financements dans le cadre de la construction de la ligne LGV Paris-Bordeaux puisque l'installation d'un viaduc sur une station de Grande mulette a nécessité une opération de déplacement d'une population réalisée par le bureau d'études Biotope, ce qui a permis de mettre en place un suivi à long terme de plusieurs stations, alors qu'actuellement l'ensemble des stations connues bénéficient peu de suivis des effectifs.

- Identifier et proposer des projets de gestion et de restauration sur les cours d'eau qui hébergent l'espèce, en fonction de l'état de conservation des populations et des habitats, principalement à l'échelle du cours d'eau ou de la station.

Pour exemple, un projet de gestion et de restauration est mis en place actuellement sur la Charente où la population de Grande mulette est présente en amont d'un front d'envasement très important. Là, le Conseil départemental de Charente-Maritime a mis en place une action de dévasement qui va durer six ans. Environ 600 000 m<sup>3</sup> de sédiments vont être extraits dans le cadre du Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) ce qui contribuera à restaurer les habitats de Grande mulette et à protéger la population en amont, la plus grande au niveau mondial.

Les problématiques peuvent également exister à des échelles très locales. Il a par exemple été compliqué techniquement et administrativement d'intervenir sur un simple peuplier tombé dans la Vienne au niveau d'une station de Grande mulette, créant juste en aval, une zone stagnante constituant une menace importante pour les indivi-



dus. Il est donc important de réaliser un travail auprès des gestionnaires pour pouvoir agir rapidement en cas de risques pour la survie de l'espèce.

Sur la Creuse, un autre programme a permis de restaurer un seuil et de rétablir un courant sur le cours d'eau, afin de redynamiser le site et rendre meilleures les conditions d'habitat.

## Axe Communication

La DREAL Centre-Val-de-Loire a confié au CETU Elmis Ingénieries de l'Université de Tours, la mission d'animation du second PNA et de mise en relation des différents acteurs. Le principal objectif est d'améliorer la diffusion de la connaissance de l'espèce et des problématiques liées à sa conservation, à travers deux axes :

- Bancariser les données en créant une base qui intègre les données d'absence en plus des mentions de présence d'individus vivants ou de coquilles, en général déjà enregistrées. L'objectif principal étant de répertorier les secteurs prospectés où l'absence de l'espèce a été constatée, permettant d'éviter de prospecter deux fois un même secteur.
- Améliorer la communication et la sensibilisation, avec la création d'outils de communication.

Le Conseil départemental des Landes a, par exemple, créé en 2023 une plaquette de présentation de la Grande mulette, centrée sur le bassin landais, dans le cadre de l'Espace Naturel Sensible (Programme Nature 40 : espèces remarquables landaises). Une plaquette adaptée au niveau national est en cours d'élaboration, ainsi qu'une exposition itinérante avec une déclinaison par bassin de présence.

Il semble également important de former les acteurs et les gestionnaires de cours d'eau qui hébergent l'espèce. Des journées de découverte et de sensibilisation sont organisées à destination des acteurs et du grand public, avec par exemple ces deux dernières années des actions de sensibilisation des riverains, des élèves et collégiens, dans le cadre du programme de dévasement de la Charente. Des formations devraient être aussi proposées aux techniciens de rivières pour les sensibiliser aux problématiques liées à l'espèce et son habitat, mais également aux plongeurs qui interviennent sur ces cours d'eau, aux responsables de clubs de canoé-kayak... afin de toucher l'ensemble des acteurs.

Depuis sa validation en 2022, les actions du second PNA ont repris progressivement afin d'améliorer d'ici dix ans la connaissance et la prise en compte de l'espèce dans les programmes de gestion.



FIGURE 6 : Plaquette de présentation Grande mulette.

## RÉFÉRENCES

- Richard, N. & Prie, V., 2022. *Plan National d'Actions en faveur de la Grande Mulette Pseudunio auricularius 2022-2031*. Université de Tours (CETU Elmis Ingénieries) – MNHN – DREAL Centre-Val de Loire – Ministère de la Transition Ecologique : 82 p.



## QUESTIONS-RÉPONSES

Sophie GANSOINAT, chargée de mission dans l'association MIFENEC : **On est régulièrement confronté à des aménagements effectués par des entreprises. Existe-t-il déjà des outils permettant d'avoir des leviers sur les entreprises, notamment concernant les rejets dans l'environnement de matières en suspension suite à des travaux ? Connaissez-vous la quantité de matières en suspension que supporte l'espèce et sur combien de temps ?**

R. Actuellement, nous n'avons pas suffisamment de connaissances sur cette question. On sait juste que lorsqu'une quantité assez importante de matière en suspension arrive, la Grande mulette a tendance à se refermer et à s'enfoncer dans le sédiment le temps que ça passe. Mais nous n'avons pas encore déterminé un seuil au-dessus duquel cela devient vraiment problématique.

Sylvain VRIGNAUD, indépendant : **des projets de réintroduction sont-ils envisagés sur des rivières où l'espèce a disparu ?**

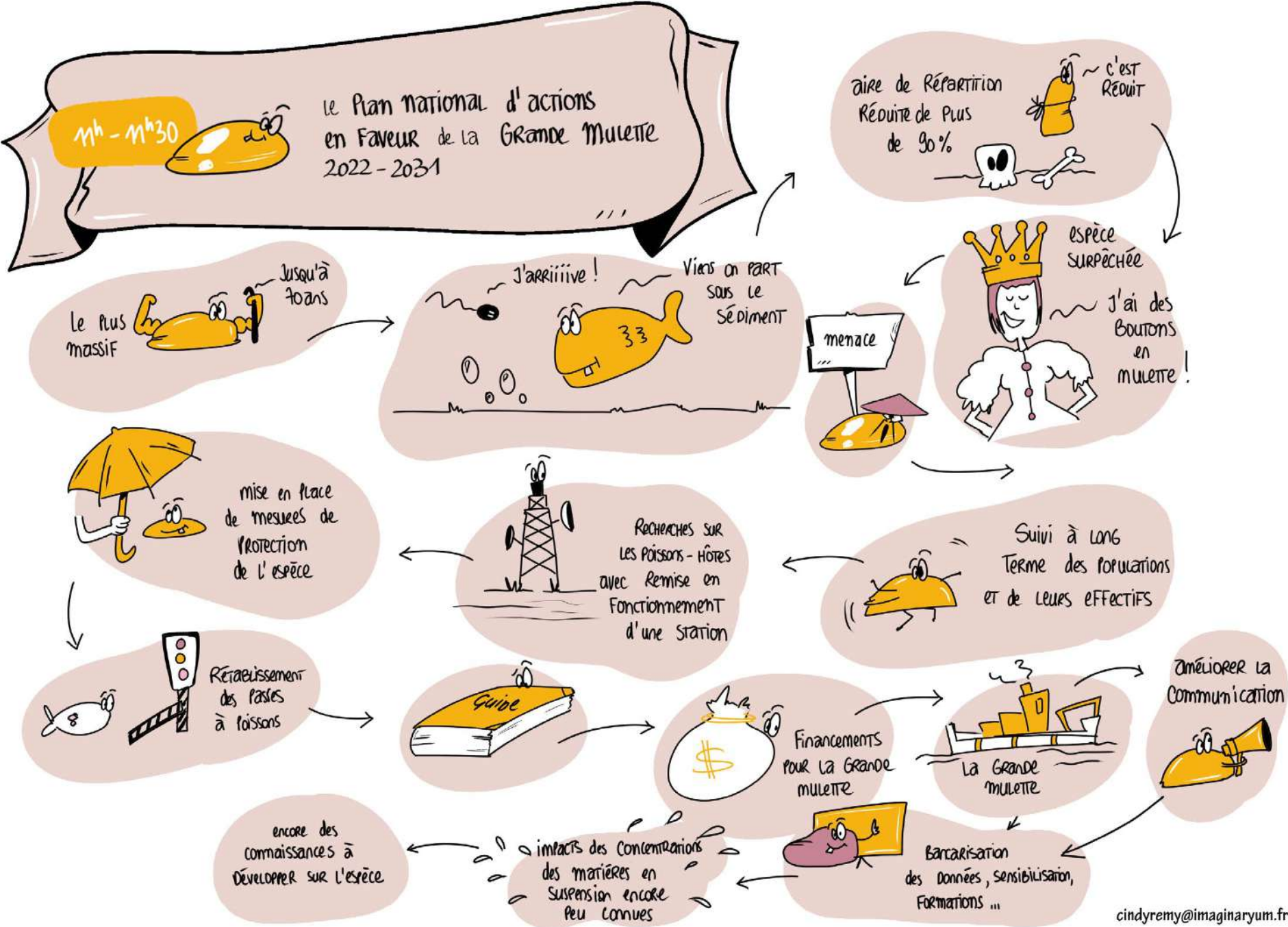
R. Pour l'instant, on ne parle pas de réintroduction sur des stations où la Grande mulette n'est plus présente. On va déjà essayer de renforcer les populations sur des stations où elle est encore présente, celles qu'on connaît le mieux en termes d'habitat.

S.V. : **Est-ce que l'équilibre hydro-sédimentaire a été identifié comme un facteur impactant la répartition de l'espèce à une échelle locale voire plus grande ?**

R. On est sur des stations qui évoluent peu d'un point de vue hydro-sédimentaire, mais on a encore de gros manque de connaissances sur l'espèce.

### LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE

Depuis le colloque, les actions menées concernent principalement le développement d'outils de communication qui permettront de mener les actions de sensibilisation et de formation des usagers, gestionnaires des cours d'eau hébergeant la Grande mulette (livret synthétique de présentation du PNA, panneaux pour exposition itinérante, logo...).



# LE PAM-NA, UN PROGRAMME D' ACTIONS EN FAVEUR DES MULETTES DE NOUVELLE-AQUITAINE

Construit comme une déclinaison régionale d'un PNA, ce programme prend en compte toutes les espèces de Mulettes autochtones.

Éric BRUGEL – LPO France  
Ellen LE ROY – Limousin Nature Environnement



Parmi les neuf espèces de mulettes autochtones présentes dans la région, six sont menacées sur la Liste rouge des mollusques de France. Certains cours d'eau de la région, notamment dans les plaines du Poitou, des Charentes ou de l'Aquitaine, ont subi et subissent encore une dégradation importante de leur état biologique et morphologique. Conjuguée aux pressions de plus en plus prégnantes sur les ressources en eau et au réchauffement climatique, cette dégradation fait craindre la disparition de plusieurs espèces des milieux aquatiques, en particulier des mulettes, dont la survie est étroitement liée à la disponibilité en poissons-hôtes, à la qualité physico-chimique des masses d'eau et au maintien de leur fonctionnalité (continuité écologique).

Depuis 2020, France Nature Environnement Nouvelle-Aquitaine (FNE NA) coordonne, avec la participation de ses associations membres, un programme régional sur les mulettes de Nouvelle-Aquitaine, hors Grande mulette pour laquelle existe un programme spécifique (cf. PNA en faveur de la Grande mulette).

## LES MESSAGES CLÉS

- À long terme, le programme vise à mieux connaître pour mieux protéger, en prenant en compte les mulettes dans les projets d'aménagement du territoire et dans les inventaires du patrimoine naturel.
- Développer un réseau d'observateurs, en rassemblant tous les acteurs locaux, et visant à sensibiliser et à former sur les espèces et les priorités de conservation.

Fort du constat qu'il n'existe à l'heure actuelle que deux plans nationaux d'actions (PNA) concernant les mulettes en France – Grande mulette et Muletteperlière-, il a été jugé urgent de prendre en compte les autres espèces de mulettes autochtones dans un programme d'actions conçu en partenariat avec les représentants d'associations de protection de l'environnement de tous les départements de la région, ainsi que l'Office français

de la biodiversité (OFB) et financé par la DREAL Nouvelle-Aquitaine, le Conseil régional Nouvelle-Aquitaine et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Les objectifs principaux du premier programme d'action en faveur des mulettes de Nouvelle-Aquitaine (PAM-NA) sont de connaître la liste des espèces présentes en Nouvelle-Aquitaine, d'améliorer les connaissances sur leur répartition à l'échelle de la région et de mettre en place et

animer un réseau d'observateurs sur ces espèces assez mal connues.

À long terme, il s'agit de mieux connaître pour mieux protéger, en prenant en compte les mulettes dans les projets d'aménagement du territoire (restauration des cours d'eau, ouvrages d'arts...) ainsi que dans les inventaires du patrimoine naturel : zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF), sites Natura 2000, stratégie natio-

nale pour les aires protégées (SNAP), arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB), etc.

Les mulettes constituent par ailleurs des espèces indicatrices de l'état des cours d'eau, concernant tant la qualité et la quantité d'eau (débit minimum biologique) que la qualité morphologique des cours d'eau (diversité des faciès d'écoulement) ou la libre circulation piscicole.

Parmi les 42 espèces de bivalves d'eau douce en France, le programme s'intéresse aux grandes moules d'eau douce, les "vraies mulettes", composées de deux familles principales, les Margaritiferidae (avec deux genres, *Margaritifera* et *Pseudunio*) et cinq genres des Unionidae (*Unio*, *Anodonta*, *Pseudanodonta*, *Potomida*, *Sinanodonta*).

Au démarrage du programme, l'ensemble des espèces françaises faisait l'objet de mentions historiques en Nouvelle-Aquitaine à l'exception de la Mulette renflée, absence que le PAM-NA a permis de vérifier tandis qu'une espèce nouvelle, l'Anodonte chinoise, a été au contraire ajoutée.

Les quatre espèces figurant aux annexes de la directive européenne "habitats-faune-flore", à savoir Grande mulette, Mulette perlière, Mulette épaisse et Mulette méridionale, sont toutes évaluées en état défavorable-inadéquat ou défavorable-mauvais selon le rapportage de l'état de conservation des espèces d'intérêt communautaires de 2019.

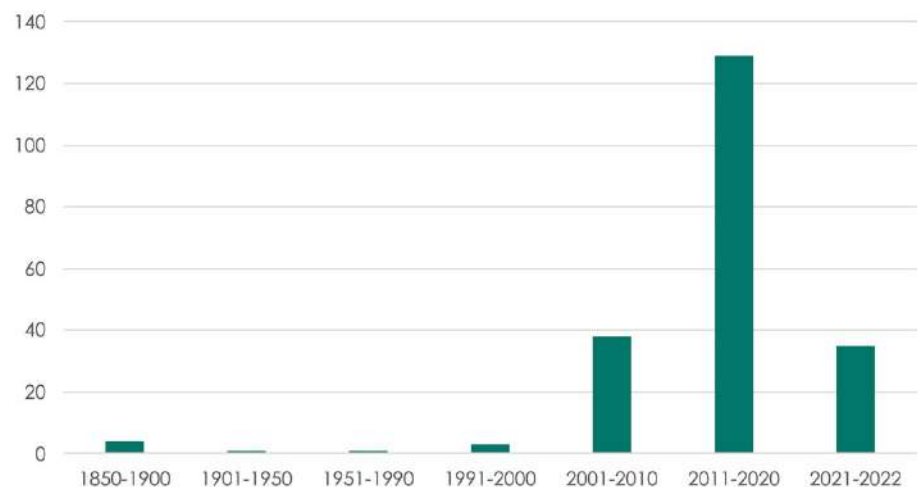
## LES ACTIONS PRÉALABLES AU PAM-NA (2020 - 2023)

Dans un premier temps, une synthèse des connaissances sur la présence de ces espèces au niveau régional a été réalisée à partir des bases de données naturalistes et des connaissances bibliographiques. Les 200 références concaténées montrent que la connaissance des espèces s'est développée principalement à partir des années 2000.

S'en est suivi la mise en place d'un réseau d'observateurs qui a béné-

Nom français	Nom scientifique	PN	DH	LRM	LRF	NA
<b>Margaritiferidae</b>						
Grande mulette	<i>Pseudunio auricularius</i>	N	A <sub>4</sub>	CR	CR	X
Mulette perlière	<i>Margaritifera margaritifera</i>	N	A <sub>2</sub> , A <sub>5</sub>	EN	EN	X
<b>Unionidae</b>						
Mulette épaisse	<i>Unio crassus</i>	N	A <sub>2</sub> , A <sub>4</sub>	EN	LC	X
Mulette méridionale	<i>Unio mancus</i>		A <sub>5</sub>	NT	LC	X
Mulette des peintres	<i>Unio pictorum</i>			LC	LC	X
Mulette enflée	<i>Unio tumidus</i>			LC	LC	
Mulette des rivières	<i>Potomida littoralis</i>			EN	EN	X
Anodonte comprimée	<i>Pseudanodonta complanata</i>			VU	EN	X
Anodonte des rivières	<i>Anodonta anatina</i>			LC	VU	X
Anodonte des étangs	<i>Anodonta cygnea</i>			LC	VU	X
<b>Espèces introduites</b>						
Anodonte chinoise	<i>Sinanodonta woodiana</i>			LC	I	X

**FIGURE 1 :** Liste et statuts des mulettes de Nouvelle-Aquitaine. PN : Protection nationale ; DH : Directive Européenne « Habitats-Faune-Flore » : A2, A4, A5 annexe II, IV et V ; LRM : Liste Rouge Mondiale (UICN, 2014), LRF : Liste Rouge France (UICN, 2021) : CR danger critique d'extinction, EN en danger, VU Vulnérable, NT quasi menacée, LC préoccupation mineure, I Introduites.



**FIGURE 2 :** Nombre de références traitant des mulettes en Nouvelle-Aquitaine au cours du temps.

ficié de journées techniques régionales et départementales pour former les salariés et les bénévoles des associations partenaires, ainsi que les acteurs de l'eau (techniciens de rivières, OFB, DDT, DREAL, etc.). Les deux premières années, ces journées techniques ont été organisées sur 35 dates et ont comptabilisées 220 participants. À l'issue des formations départementales plusieurs journées de prospections ont été organisées afin d'observer les espèces directe-

ment dans les cours d'eau. Une autorisation administrative pour capture d'espèces protégées a été obtenue pour effectuer ces inventaires et pour mettre en place les collections de référence. Enfin, des ateliers techniques en salle avec détermination de valves ont été organisés sur 15 dates et ont comptabilisé 115 participants.

L'animation du réseau a permis d'identifier l'ensemble des acteurs locaux pouvant bénéficier d'une sensibilisation sur les espèces et les priorités



**FIGURE 3 :** Prospection à l'aquascope lors de la journée technique du 01/07/2020 en Charente (photo : M. GAILLEDRAT).

de conservation : référents départementaux de l'OFB, CEN, APNE, FD Pêche, EPTB, techniciens de rivières, Fédération française d'études et de sports sous-marins – Comité subaquatique Nouvelle Aquitaine.

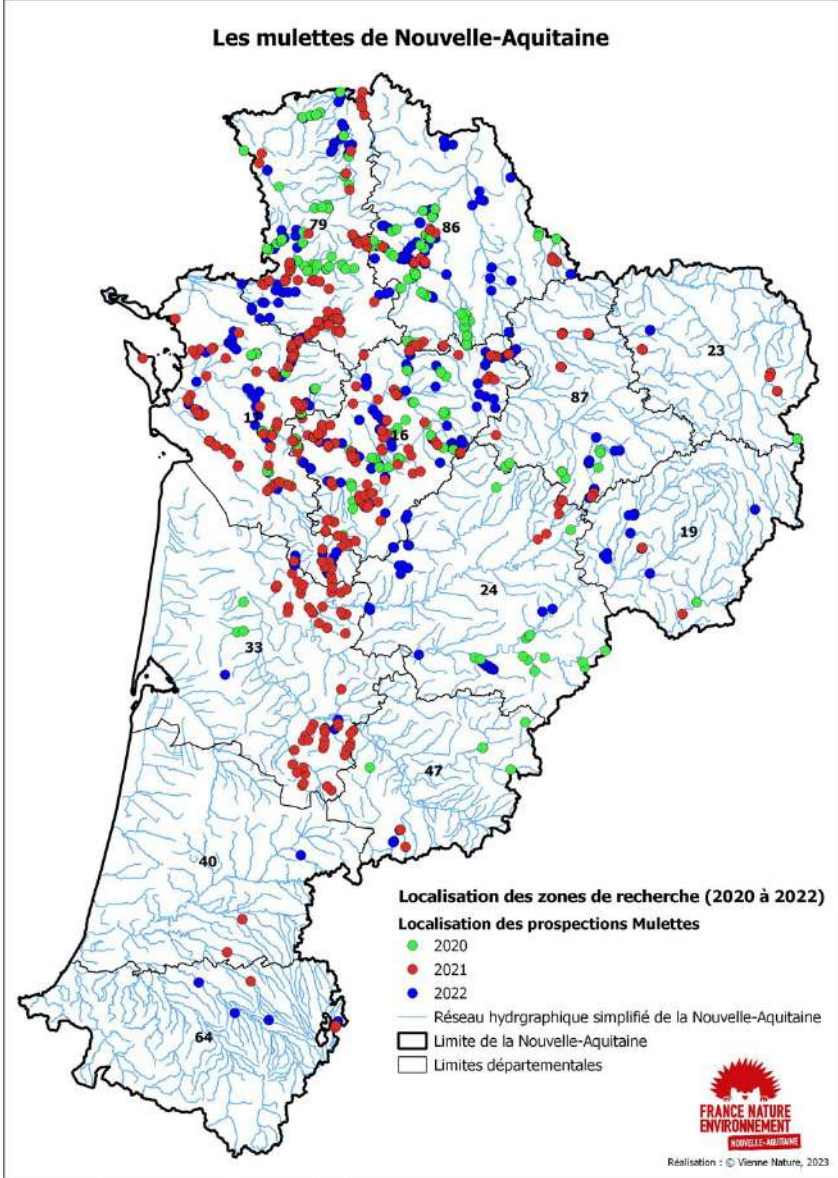
L'inventaire par ADN environnemental (ADNe) a également été considéré comme une action prioritaire afin d'obtenir des éléments précis de répartition des espèces. Il a été effectué, à raison de 10 cours d'eau par an, sur des cours d'eau représentatifs mais sur lesquels les données étaient rares. Les résultats, transmis au SINP, sont consultables.

Enfin, plusieurs outils de communication ont été élaborés : un diaporama de présentation aux bénévoles et aux partenaires, des documents techniques (clés de détermination, protocole...), une plaquette et un poster représentant les espèces à l'échelle...

## LES MULETTES PRÉSENTES EN NOUVELLE-AQUITAINE

Ces actions ont abouti à une compilation par département de la présence actualisée de chaque espèce, avec les autochtones et les espèces introduites.

- Grande mulette, *Pseudunio auricularia* (Spengler 1793) : certains spécimens de cette espèce en danger critique d'extinction ont été observés en plongée en amont d'Angoulême, dans un secteur où elle était connue historiquement mais n'avait pas été observée récemment.
- Mulette perlière, *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758) : outre la découverte de quelques stations dans les Pyrénées-Atlantiques, le programme a permis de confirmer qu'il subsiste un foyer important dans le Limousin, ainsi que des foyers sur la Dordogne.
- Mulette épaisse, *Unio crassus* (Philipson 1788) : alors que l'espèce avait été observée essentiellement sur le bassin de la Loire, notamment sur la Vienne



**FIGURE 4 :** Localisation des zones de recherche (2020 à 2022).

et dans le Limousin, de nouvelles stations ont été découvertes sur le bassin de la Charente. D'autres stations découvertes sur la Dordogne et son bassin restent à confirmer par l'ADNe.

- Mulette méridionale, *Unio mancus* (Lamarck 1819), et Mulette des peintres, *Unio Pictorum* (Linnaeus 1758) : dans l'ouest, la morphologie des coquilles ne permet pas de distinguer ces deux espèces. Au cours du programme, leur présence a donc été évaluée essentiellement par ADNe. *Unio mancus* est l'espèce la plus répandue ; *Unio pictorum* a été confirmée dans plusieurs départements.
- Mulette des rivières, *Potomida littoralis* (Cuvier, 1798) : les localisations découvertes pendant le programme semblent indiquer une présence importante sur tous les cours d'eau. Cependant, ces données ne différenciant pas les observations de populations vivantes et celles de valves seules, parfois très anciennes, des analyses effectuées par ADNe ont attesté que cette espèce est en fort déclin dans l'ouest, comme au niveau national.
- Anodonte des rivières, *Anodonta anatina* (Linnaeus 1758) : la présence de l'espèce est relativement régulière, quoique classée vulnérable.
- Anodonte des étangs, *Anodonta cygnea* (Linnaeus 1758) : l'ADNe a permis de confirmer sa présence, y compris en rivière.
- Anodonte comprimée, *Pseudanodonta complanata* (Rossmässler 1835) : cette espèce très remarquable est à la limite de la disparition dans la région. Les données qui indiquaient sa présence dans les quatre départements de l'ex-Poitou-Charente étaient pour la plupart anciennes et issues de restes de coquilles. Dans le cadre du PAM-NA, aucun individu vivant n'a été observé en plongée dans les deux Sèvres, seule des valves ont été trouvées, et l'utilisation de l'inventaire par ADNe

Nom français	Nom scientifique	Présence départementale											
		Poitou-Charentes				Limousin			Aquitaine				
		16	17	79	86	19	23	87	24	33	40	47	64
<b>Bivalves autochtones</b>													
Grande mulette	<i>Pseudunio auricularius</i>	X	X		X				X		X		
Mulette perlière	<i>Margaritifera margaritifera</i>					X	X	X	X				X
Mulette épaisse	<i>Unio crassus</i>	X		X	X	X	X	X	(X)				
Mulette méridionale	<i>Unio mancus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mulette des peintres	<i>Unio pictorum</i>	X	X	X	X			X	X	X	X		X
Mulette des rivières	<i>Potomida littoralis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anodonte comprimée	<i>Pseudanodonta complanata</i>	X	X	X	X								
Anodonte des rivières	<i>Anodonta anatina</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anodonte des étangs	<i>Anodonta cygnea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Bivalves introduits</b>													
Anodonte chinoise	<i>Sinanodonta woodiana</i>		X	X			X			X		X	
Corbicule asiatique	<i>Corbicula fluminea</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moule zébrée	<i>Dreissena polymorpha</i>		X	X	X								X
Moule d'Amérique	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>		X										

FIGURE 5 : Liste des Mulettes de Nouvelle-Aquitaine par département.

n'a pour l'heure pas permis de retrouver l'espèce vivante dans la région. Son niveau de menace et de risque d'extinction très élevé à l'échelle nationale se confirme donc bien en Nouvelle-Aquitaine où l'espèce est probablement plus proche du CR (en danger critique d'extinction) que du EN.

- Anodonte chinoise, *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) : cette espèce en expansion au niveau national commence à arriver dans la région, avec notamment des foyers déjà bien installés sur la Sèvre nantaise et la Sèvre niortaise, et une présence observée en Charente-Maritime et dans des plans d'eau du Lot-et-Garonne et de la Creuse. La présence de cette espèce constitue un sujet de préoccupation, puisqu'il est désormais attesté qu'elle entre en compétition et tend à faire disparaître les anodontes indigènes.

semble des acteurs lors d'une journée technique d'échanges.

Ce programme, qui sera présenté en Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) début 2024, comprendra une présentation générale des mulettes, l'état des connaissances en Nouvelle-Aquitaine (les données, les inventaires, un descriptif de type PNA de l'ensemble des espèces indigènes présentes, les acteurs présents en région, un catalogue des zonages environnementaux mentionnant les mulettes, une carte des masses d'eau pour lesquelles il existe un enjeu de préservation des mulettes, en l'état actuel des connaissances), des fiches techniques élaborées grâce au retour d'expériences de certains départements sur leurs actions de conservation (le Limousin et la Vienne notamment) et des fiches actions sur la connaissance, la gestion, la protection, la conservation, et sur l'animation de réseau, la communication, la sensibilisation.

## RÉDACTION DU PROGRAMME D'ACTIONS

Suite à ces quatre années de travail, un programme d'actions régional en faveur des mulettes (PAM-NA), dont la structuration s'inspirera de celle d'un plan national d'actions (PNA), doit être rédigé fin 2023-début 2024, à partir des actions décidées par l'en-



## QUESTIONS-RÉPONSES

Marie-José VERGON-TRIVAUDEY, DREAL Franche-Comté : ***Ce programme comprendra-t-il des fiches actions de lutte contre l'Anodonte chinoise avant qu'elle ne prenne trop d'ampleur ?***

R. Le sujet de la lutte contre les espèces envahissantes a été évoqué avec l'ensemble des partenaires lors de la journée technique. La question de l'Anodonte chinoise a été tournée dans tous les sens, avec notamment l'idée d'aller à la source des empoisonnements dans les pièces d'eau, la commercialisation des poissons qui constituent le vecteur de cette espèce, mais on n'a pas trouvé d'action opérationnelle et applicable. Il s'agirait plus d'une action à réfléchir au niveau national, avec PatriNat.

Marie-José VERGON-TRIVAUDEY, DREAL Franche-Comté : ***Ne serait-il pas possible à ce stade de simplement "enlever" cette population ?***

R. Sur certaines stations, il est déjà trop tard pour faire quoi que ce soit, d'autant qu'il s'agit souvent de stations difficiles à prospecter : des fossés de marais, troubles, profonds, envasés, où il est très complexe d'avoir une idée de l'état des populations de cette espèce. On risque également de faire du dégât sur d'autres espèces présentes. Pour pouvoir lutter contre cette espèce, il faut plutôt travailler sur les sources d'introduction.

Florent LAMAND, OFB : Nous avons aussi été confrontés à l'Anodonte chinoise en Grand Est. Les plans d'eau sont un des points d'entrée principaux de l'espèce sur lesquels on manque de connaissances. Chez nous, chaque plan d'eau vidangé pour des raisons techniques est prospecté. Une des actions à mettre en place serait de faire des campagnes de connaissance et d'ADNe sur les plans d'eau, et pas uniquement les cours d'eau, puis de mettre en place des actions de gestion : dès lors que l'Anodonte chinoise est observée dans un plan d'eau, faire une vidange et un assec prolongé jusqu'à l'extinction de l'espèce. C'est ce qu'on essaie de faire en Grand Est.

Lilian LÉONARD, PatriNat : ***y a-t-il un lien, concernant cette espèce, avec le ré-empoisonnement lié à la pêche de loisirs dans les étangs ?***

R. Cette espèce parasite tous les poissons blancs qui sont utilisés en empoisonnement de plans d'eau, notamment les espèces exotiques, une très large gamme d'espèces souvent en provenance d'Europe de l'Est, notamment la Carpe amour blanc qui est aussi une espèce nuisible.

Damien COMBRISON, Parc national des Écrins : ***Avez-vous collationné les données d'absence durant les différentes périodes d'inventaires ?***

R. Oui, on a noté ces données de façon assez systématique. Notamment quand on ne trouve absolument rien dans certains cours d'eau, on le note dans les bases de données. Sur certains cours d'eau où on n'a rien trouvé en prospection aquascope, on a même utilisé l'ADNe pour confirmer. On n'a pas encore les résultats.

Salomé GRANAI, Géoarchéon : ***J'avais été étonnée il y quelques années d'entendre, lors d'une communication faite par des collègues belges sur la Mulette épaisse, qu'il y avait un conflit avec le castor, espèce protégée, sur la vallée de Sûre et qu'ils en étaient arrivés à démanteler les barrages de castors qui créaient de l'envasement et empêchaient de frayage de l'Esturgeon. Y a-t-il des exemples de ce type de conflit avec d'autres espèces protégées en France ? Et comment les pouvoirs publics réagissent-ils ?***

R. En Nouvelle-Aquitaine, il n'y a pas de conflit avéré avec le castor, mais davantage avec des espèces exotiques envahissantes comme le Rat musqué, qui a un impact très clair sur la Mulette épaisse par exemple.

Florent LAMAND, OFB : Une espèce sur laquelle on peut se poser la question est la bouvière, un poisson protégé en France, dont la densité explose depuis quelques années en Grand Est, au détriment des bivalves autochtones. Alors que la relation était considérée comme relevant d'une symbiose mutualiste, la bouvière est désormais considérée comme une espèce parasite des mulettes. Le statut de poisson hôte de la bouvière a été remis en cause par des études récentes qui montrent un coût énergétique pour les mulettes au seul profit reproducteur de la bouvière.



# PROGRAMME d'actions SUR les MULETTES de NOUVELLE-AQUITAINE

Mh 30-12h

OBJECTIF de Connaissance des ESPÈCES

APPRENONS à nous connaître

42 espèces de Bivalves d'eau Douce

à-T-on toutes les espèces Françaises en Nouvelle-Aquitaine?

SYNTHÈSE des Connaissances

Formation des Professionnels et des Bénévoles

Le livre de ma vie!

Documents Techniques

Relevé par ADN environnemental

Mulette méridionale

Mulette épaisse

Mulette perlière

Grande Mulette

anodonte des étangs

Mulette des rivières

Mulette des peintres

anodonte des rivières

Pas d'individu vivant  
anodonte comérinière

anodonte chinoise

Je ne suis pas là!  
Données d'absence = donnée importante

Programme d'actions

Commercialisation des poissons

=  
Brais de l'espèce (anodonte chinoise)  
→ action nationale?

Plans d'eau vidangés tous prospectés (en Grand Est)

# LES MOLLUSQUES DES EAUX CONTINENTALES DU BASSIN HYDRAULIQUE DE L'OUED DRAA (MAROC CENTRAL)

## Réactualisation taxonomique et biogéographique

**Mohamed GHAMIZI** – Muséum d’Histoire Naturelle de Marrakech, laboratoire Eau, biodiversité et changements climatiques, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.



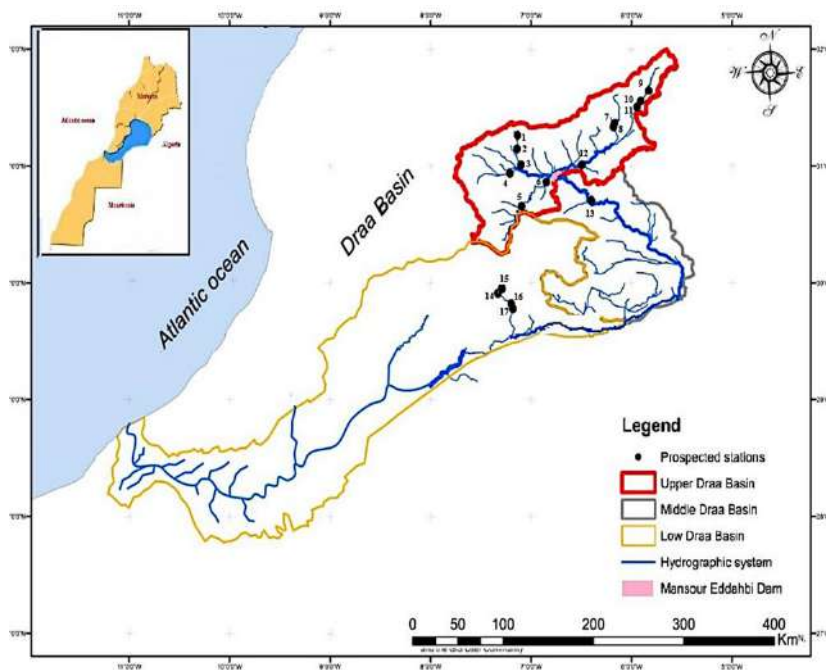
L'étude présentée, menée en partenariat avec une équipe de l'université de Koblenz-Landau en Allemagne dans le cadre du projet Salidraa Juj, sur l'oued Draa, le plus grand fleuve du Maroc mais très peu étudié, analyse les valences écologiques de la plupart des macroinvertébrés de ce cours d'eau. Cette présentation s'intéresse plus particulièrement au volet malacologique, assuré par une équipe spécialisée.

### LES MESSAGES CLÉS

- Lorsqu'une espèce est identifiée en Afrique du Nord, elle est automatiquement associée au nom d'une espèce européenne dans GenBank, alors qu'il peut s'agir d'une espèce endémique.
- La fragmentation des habitats constitue l'une des principales menaces pesant sur les poissons, les macroinvertébrés dont les mollusques de ce bassin.

### LE BASSIN HYDRAULIQUE DE DRAA

Le bassin de l'Oued Draa, situé au centre du Maroc s'étend sur une superficie d'environ 115 000 km<sup>2</sup> du versant sud des montagnes du Haut Atlas jusqu'à l'océan Atlantique et parcourt la région saharienne désertique au sud, dans un climat semi-aride à aride avec des précipitations annuelles moyennes de 100 à 300 mm par an. Subdivisé en trois parties (le Haut Draa, le Moyen et le Bas Draa), il passe d'un amont montagneux à un aval de plaine. Ce bassin, très marqué par des aléas climatiques extrêmes (sécheresses et inondations imprévisibles), est structuré en oasis irri-



**FIGURE 1 :** Carte du bassin de Draa.

guées par le fleuve, par des sources et par un système de drainage traditionnel appelé *khetara*.

Les vallées du Moyen et du Bas Draa, proches du Sahara, comptent parmi les milieux écologiques les plus dégradés du Maroc en raison des mouvements des dunes de sable, de la rareté de l'eau et d'une problématique de salinité de l'eau et du sol due au drainage et au sur-pompage qui font remonter de l'eau des couches salifères. Le débit de la rivière dépend également des taux de précipitations, de la fonte des neiges du Haut Atlas, des lâchers du barrage et des résurgences de sources, la majorité de ses affluents étant éphémères ou intermittents.

L'analyse menée sur ce cours d'eau à une échelle éco-systémique s'intéresse à la répartition des macroinvertébrés aquatiques et à leur relation avec les paramètres physico-chimiques, en particulier la salinité des eaux car ce bassin comporte à la fois des affluents d'eau salée et des affluents d'eau douce qui se mélangent au niveau de leurs confluences. Cette particularité rend possible la réalisation d'études visant à analyser la dynamique des espèces en relation avec ces gradients de salinité, et ce sur de nombreux groupes d'invertébrés aquatiques (coléoptères, éphéméroptères, gastéropodes...).

Des espèces particulières des milieux arides et semi-arides de la Jordanie ayant été retrouvées dans ce cours d'eau (Benlasri *et al.*, 2023), l'étude interroge également la biogéographie de ces espèces aquatiques : la paléontogéographie (mouvements d'eau, mouvements de migration...) et la dispersion des espèces.

En ce qui concerne les mollusques, la plupart des études se sont limitées au versant nord du Draa, le Moyen Atlas et le Rif, milieux sub-humides voire humides comportant de la végétation, des ripisylves... En revanche, il existe très peu de données sur la malacofaune du versant sud du Draa, grand fleuve aux dynamiques hydrauliques très variables. Dans le cadre de cette étude, les prospections ont donc été élargies non seulement aux cours



FIGURE 2 : Milieu interstitiel prospecté en utilisant la pompe Bou-Rouch.

d'eau de ces zones, mais aussi aux sources et aux nappes phréatiques des puits, pour s'intéresser à la malacofaune souterraine. Le sous-écoulement (milieu interstitiel, Figure 2) mérite également une étude approfondie : dans ce milieu interstitiel poreux, on peut se demander ce qu'il advient de la dynamique des espèces, au niveau taxonomique et au niveau fonctionnel, entre les zones où les eaux s'infiltrent sous les couches de sable et leurs résurgences quelques kilomètres plus loin. Des espèces de petite taille vivent dans ce milieu hyporhéique.

L'échantillonnage, réparti sur les cours d'eau intermittents, sur le fleuve lui-même et sur les sources, a été adapté aux différents habitats et faciès aquatiques. Dix-neuf stations (Figure 1) ont été retenues dans la zone d'étude, caractérisées par de nombreux sols nus mais aussi, sur certaines stations, des arbustes et des espèces endémiques de plantes aquatiques macrophytes.

Le filet phréatobiologique, utilisé pour récupérer les sédiments au niveau des puits, permet de collecter des mollusques et des crustacés, groupe souterrain important. La plupart des agriculteurs utilisant des motopompes pour aller chercher l'eau plus profondément en raison de la baisse du niveau pluviométrique, l'eau pompée est également filtrée à l'aide de filets pour récupérer des sédiments et des spécimens de la faune stygobionte (aquatique souterraine).

Par ailleurs, les paramètres physico-chimiques de la zone ont été analysés et calqués sur la répartition des espèces afin d'identifier des « niches écologiques » pour chaque espèce. La zone étant impactée par le sur-pompage et par la pollution liée à l'agriculture, aux mines et au rejet des eaux usées, la première étape a consisté à étudier l'aspect physico-chimique de l'eau dans les puits prospectés, pour pouvoir établir le lien avec la répartition des espèces.



FIGURE 3 : Techniques d'échantillonnage : (A) Filet phréatobiologique pour les puits ; (B) Filet Surber au niveau des cours d'eau.

## INVENTAIRE MALACOLOGIQUE DU DRAA ET DE SES AFFLUENTS

Les deux grands groupes, gastéropodes et bivalves, ont pu être collectés. Des analyses génétiques ont été réalisées pour inscrire ces espèces nord-africaines dans GenBank. L'enjeu est essentiel, car cette base contient peu de données sur le Maroc ou l'Afrique du Nord, contrairement aux données européennes. En conséquence, lorsqu'une espèce est identifiée au Maroc, en Algérie ou en Tunisie, un nom européen lui est donc automatiquement associé, ce qui est parfois problématique. Ainsi, la plus grande moule d'eau douce d'Afrique du Nord, *Pseudunio marocanus* (Pallary, 1918), anciennement *Margaritifera marocana*, qui peut atteindre 20 à 22 cm et dont le cycle de vie est supérieur à 80 ans, a été systématiquement associée à la Grande mulette d'Europe *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) alors qu'il s'agissait d'une espèce marocaine endémique. Tant que cette espèce était confondue avec *Pseudunio auricularius*, son aire d'occurrence était considérée comme très large. En 2009, en distinguant ces deux espèces (Araujo *et al.*, 2009) des études (Van Damme *et al.*, 2010 ; Sousa *et al.*, 2016) ont permis d'observer que *Margaritifera marocana* n'était plus présente que dans deux stations au Maroc, et de la classer comme étant en danger critique d'extinction.

### Distribution des espèces trouvée sur le bassin du Draa

Les données parcellaires issues de travaux effectués dans la partie nord et centrale du Maroc (très peu au niveau des provinces du sud) ont été complétées grâce aux données issues de cette étude, toujours en cours.

En ce qui concerne les Gastéropodes, la confirmation de la présence de *Melanopsis praemorsa*, *M. cariosa* (Melanopsidae), assez commune au Maroc, et *Melanoides tubercu-*

*lata* (Melanidae) s'accompagne d'une répartition particulière de ces trois Prosobranches au niveau des affluents de Draa. Un affluent abrite uniquement *M. tuberculata*, une espèce également afrotropicale. *Theodoxus numidicus* (Neritidae) a également été observé pour la première fois dans ce bassin. Chez les mollusques pulmonés du bassin, *Physella acuta* et *Galba truncatula* sont largement distribuées, *Radix balthica* (*Lymnaea peregra*) est observée dans sa limite méridionale, *Planorbarius metidjensis*, *Bulinus truncatus* (espèce connue dans la transmission de la bilharziose ; le parasite a disparu au Maroc mais le mollusque est toujours présent) et *Ancylus fluviatilis* sont également identifiées. Deux espèces sont communes aux zones paléarctique et afrotropicale (*B. truncatus* et *M. tuberculata*).

*Pseudamnicola ouarzatensis* (Hydrobiidae) a été récemment décrite dans les sources de l'amont du bassin, près de Ouarzazate (Boulaassaf et *al.* 2020), , mais sa localité type, un tout petit cours d'eau est menacée d'assèchement. La présence de *Mercuria sp.*, nouvelle espèce d'Hydrobiidae en cours d'étude, observée dans les puits alors qu'il s'agit d'une espèce de surface, renseigne sur la migration de ces espèces vers le milieu souterrain. L'évolution de l'espèce sera étudiée : va-t-elle s'adapter au milieu souterrain ? Va-t-elle perdre ses yeux, se dépigmenter ? Les données sur ces espèces seront publiées après analyses moléculaires et dissections.

Deux autres espèces stygobiontes (adaptées aux eaux souterraines), *Attebania sp1* et *sp2*, appartenant au genre *Attebania* (Moitessieridae), décrit en 1999 (Ghamizi *et al.*, 1999) dans une localité au sud d'Agadir, ont été collectées pour la première fois dans ce bassin, dans la nappe phréatique de l'oasis de Fezouata, région de Zagora, dans le Moyen Draa. Elles sont en cours d'étude.

Le milieu interstitiel n'a pas encore été prospecté, alors qu'il héberge de minuscules espèces de mollusques adaptés et souvent endémiques. La salinité élevée des eaux s'avère limitante pour les Pulmonés, alors que les Prosobranches présentent une

valence plus large par rapport à ce paramètre.

Les mollusques bivalves d'eau douce sont peu représentés, avec *Unio gibbus* et *Potomida littoralis* (Unionidae) uniquement. *Potomida littoralis* est observée dans le bassin du Draa et du Ziz à l'est, ainsi que dans des rivières des versants sud de l'Atlas, au niveau saharien. L'analyse génétique montre que ces populations présentent des haplotypes proches, ce qui suggère un flux de gènes lors des périodes humides passées au Sahara. *Unio gibbus*, espèce largement répandue, notamment en Espagne, n'a été observée que dans l'Oued Noun, région de Guelmim, vers le bas Draa, proche de l'embouchure du bassin. *Unio foucauldianus*, espèce classée en danger critique d'extinction, n'a pas été observée et sa limite de répartition s'arrête vers Agadir (oued Massa). En 2021, une liste de sept espèces endémiques de poissons (des barbeaux, essentiellement) vivant dans des rivières où ces mollusques bivalves sont présents a été obtenue par pêche électrique. Les poissons-hôtes de ces moules figurent donc parmi elles.

Enfin, *Corbicula fluminea*, espèce invasive, présente dans le versant nord et le Moyen Atlas, a été signalée dans le versant sud du Haut Atlas et des *Pisidium sp.* ont été trouvés dans les puits ainsi que dans des nappes phréatiques. Il sera intéressant d'analyser si ces *Pisidium sp.* ont suivi le niveau pluviométrique et sont descendus avec lui ou s'il s'agit d'espèces différentes.

Ces travaux ont débouché sur une carte de distribution spatiale et biogéographique préliminaire des espèces.

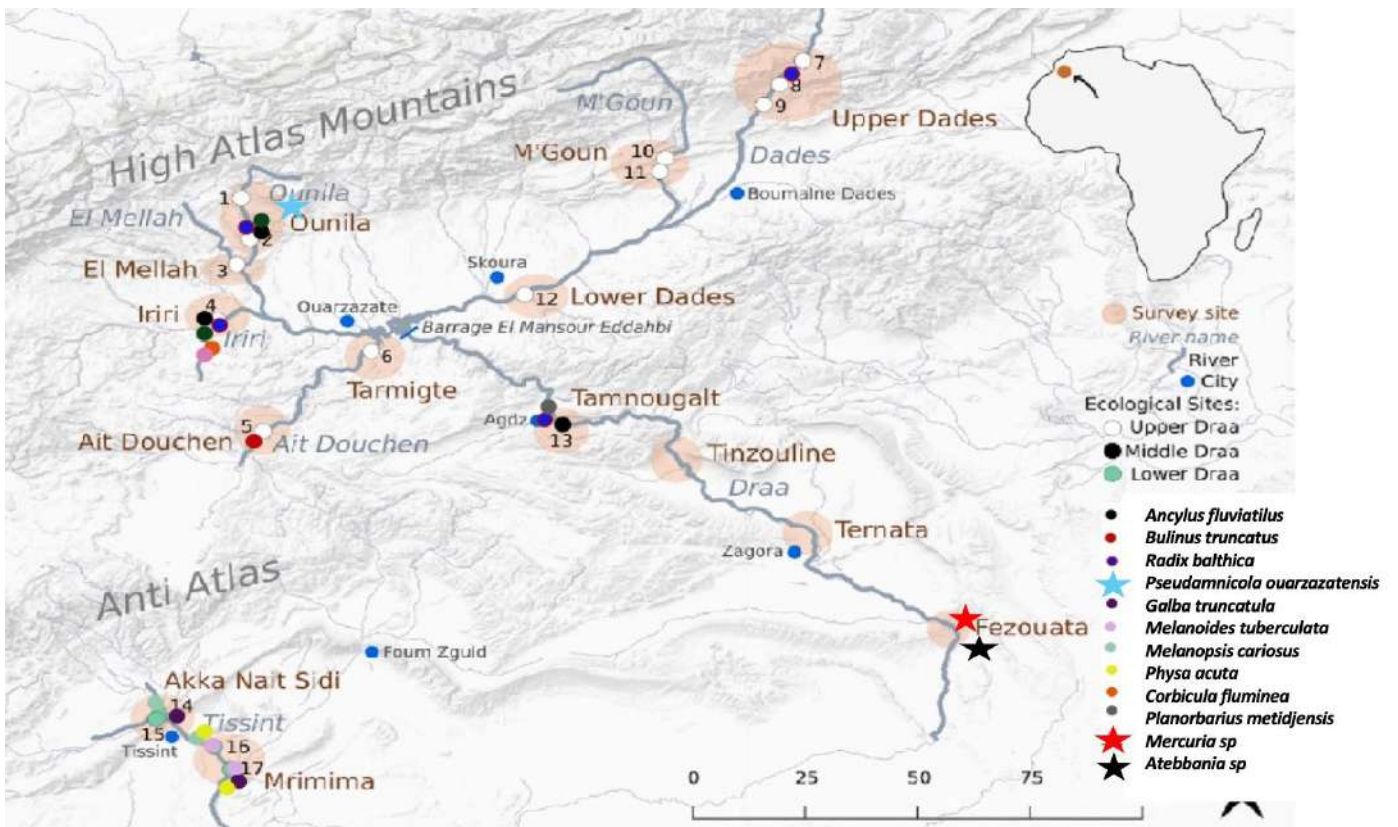


FIGURE 4 : Carte de distribution des mollusques aquatiques du bassin de Draa.

## MENACES PESANT SUR CES ESPÈCES

Outre les pollutions, le réchauffement climatique, la dégradation des habitats et le pompage, l'une des menaces pesant sur les poissons, les macroinvertébrés dont les mollusques dans ce bassin est la fragmentation des habitats, qui engendre de grandes flaques d'eau où les paramètres abiotiques changent (la température augmente, l'oxygène diminue...).

Il est par conséquent essentiel de sensibiliser les agences de bassins aux conséquences des lâchers de barrages, de l'intermittence des cours d'eau et surtout de cette fragmentation des habitats, et les propriétaires des puits à l'intérêt de conserver les petites espèces de mollusques à l'intérieur des puits.

Enfin, une espèce de poissons invasive, le tilapia, qui commence à s'introduire dans les cours d'eau, menace les autres poissons-hôtes des Unionidae, les barbeaux.

## PERSPECTIVES DE RECHERCHE DANS LA ZONE

Les recherches se poursuivent dans le bassin du Draa : de nouveaux puits et de nouvelles sources vont être prospectés, ainsi que le milieu interstitiel (sous-écoulement de la rivière) à l'aide de la pompe Bou-Rouch, par la technique de Karaman-Chapuis et par des nasses de collecte de la faune souterraine. Une analyse bioécologique s'intéressera à l'impact de la salinité sur la répartition et la biogéographie des mollusques du bassin du Draa, tandis que le travail d'identification des poissons-hôtes des mollusques bivalves du bassin se poursuit. Enfin, l'importance de la zone doit être estimée en vue d'un classement en KBA (zone clé de Biodiversité de l'UICN).

En conclusion, il apparaît essentiel de sensibiliser les populations locales sur l'importance des mollusques présents, endémiques et patrimoniaux, et de leur proposer des alternatives à certaines pratiques néfastes à la biodiversité, afin de les impliquer dans la

conservation et la protection de ces zones humides.

Ainsi, lorsque de petites espèces endémiques d'Hydrobiidae très menacées ont été trouvées dans une source à côté de laquelle les femmes faisaient la lessive, un projet de préservation de cette source a été mis en place : la population a été sensibilisée à l'importance de la qualité des eaux, à l'intérêt patrimonial de ces espèces à l'échelle internationale, ainsi qu'au rôle du Maroc dans leur protection et une alternative a été proposée pour le lavage des vêtements, avec la construction d'un lavoir communautaire, hangar protégé de la neige, du froid, et équipé de plaques photovoltaïques pour chauffer l'eau.

## RÉFÉRENCES

- Araujo R., Toledo C., Van Damme D., Ghamizi M., Machordom A., 2009. *Margaritifera marocana* (Pallary, 1918): A valid species inhabiting Moroccan rivers. *Journal of Molluscan Studies* 75 : 95 – 101.
- Benlasri M., Vuataz L., Gattolliat J.-L., Beermann A. J.,

Leßner H., El Alami El Moutaouakil M., Ghamizi M., Berger E., 2023. First report of *Cloeon vanharteni* Gattolliat & Sartori, 2008 (Baetidae, Ephemeroptera) in the Maghreb. *Alpine Entomology* 7, 143–152. DOI:10.3897/alpeno.7.109562

– Boulaassafer K., Ghamizi M., Machordom A., Delicado D., 2020. Phylogenetic relationships within *Pseudamnicola* (Caenogastropoda: Truncatelloidea) indicate two independent dispersal events from different continents to the

Balearic Islands. *Systematics and Biodiversity*: 1–21.

– Ghamizi M., Bodon M., Boulal M., Giusti F., 1999. *Atebbania bernasconii*, a new genus and species from subterranean waters of the Tiznit plain, Southern Morocco (Gastropoda: Hydrobiidae). *Journal of Molluscan Studies*, 65 : 89 – 98.

– Sousa R., Varandas S., Teixeira A., Ghamizi M., Froufe E., Lopes-Lima M., 2016. Pearl mussels (*Margaritifera marocana*) in

Morocco: conservation status of the rarest bivalve in African fresh waters. *Science of the Total Environment*, 547 : 405–412.

– Van Damme D., Ghamizi M., Soliman G., McIvor A., Seddon M.B., 2010. *The status and distribution of freshwater molluscs*. In Garcia N., Cuttelod A., Abdul Malak D. (eds.), 2010. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa*. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain: IUCN, 2010.xiii+141pp.

## LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE

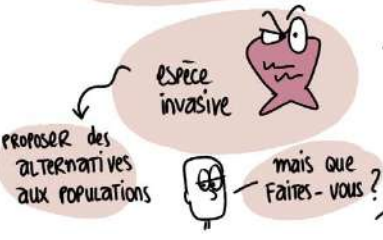
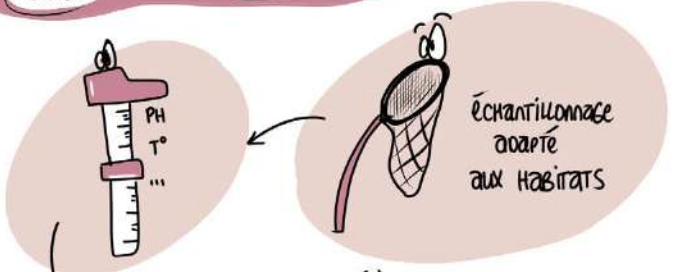
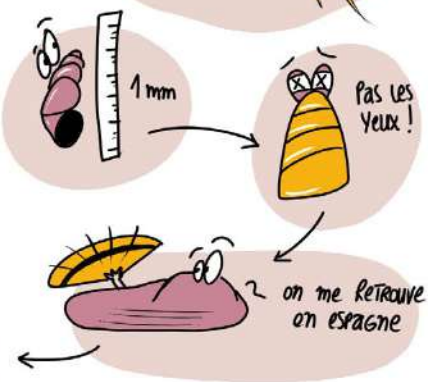
Un article est publié sur l'influence de la salinité sur la répartition des macroinvertébrés y compris les mollusques dans des affluents (sous bassins) du bassin de Draa choisis en fonction de leur degré de salinité (un sous bassin salé, un sous bassin non salé et le sous bassin de la confluence des deux sous bassins) :

Kaczmarek N., Benlasri M., Schäfer R. B., Aabid A., Nothof M., Lazrak K., Ghamizi M., Berger E., 2024. Macroinvertebrate community responses to salinity around non-saline – saline confluences in the Draa River basin, Morocco. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05445-7>

L'espèce d'Hydrobiidae de Ounilla (voir carte de la figure 4, espèce en étoile rouge) s'est avérée appartenant au genre *Mercuria* et non *Pseudamnicola*. L'anatomie est proche de *P. tensiftensis* décrite dans le bassin de Tensift, région de Marrakech, versant nord du Haut Atlas (Boulaassafer et al., 2020). Encore une donnée biogéographique intéressante de part et d'autre des deux versants du Haut Atlas.

Pour plus d'informations sur le projet : <https://salidraajuj.uni-landau.de/fr/page-daccueil>

12h-12h30 LES MOLLUSQUES des EAUX CONTINENTALES du Bassin HYDRAULIQUE de l'OUED DRAGA (MAROC CENTRAL)



# RYTHME ET DYNAMIQUE DE RECOLONISATION DES MALACOFAUNES : L'APPORT DES ÉTUDES QUATERNAIRES

Évolution des faunes glaciaires aux faunes interglaciaires et développement des environnements de forêt au cours des phases tempérées du Quaternaire.

**Nicole LIMONDIN-LOZOUET** – Laboratoire de géographie physique : environnements quaternaires et actuels UMR 8591 CNRS-Université Paris I-UPEC



En Europe moyenne, la cyclicité climatique durant le Quaternaire a fortement influencé la fluctuation des aires de répartition des mollusques continentaux. Les études menées sur la dernière transition glaciaire-interglaciaire ainsi que sur les séquences tempérées du Pléistocène sont riches d'informations sur la temporalité d'apparition des espèces dans les territoires libérés de l'emprise du froid et la localisation des zones refuges à l'origine de nouvelles extensions.

La dernière terminaison Weichsélien-Holocène est incluse dans la tranche temporelle accessible par le carbone 14. Par ailleurs, de nombreuses séquences sédimentaires représentatives de cette période ont été conservées, en particulier dans les contextes de fond de vallées. Ces deux critères ont permis de dresser un référentiel détaillé et bien daté de la recolonisation par les mollusques des territoires septentrionaux et en particulier de leur rythme d'occurrence.

## LES MESSAGES CLÉS

- 📣 Les zones refuges existant à l'est de l'Europe pendant les ères glaciaires constituent un réservoir d'espèces déterminant pour la richesse des faunes malacologiques forestières au cours des interglaciaires.
- 📣 La comparaison des successions malacologiques des différents interglaciaires met en évidence des constantes dans l'ordre d'apparition des espèces, en fonction de leur valence écologique et de la distance par rapport aux zones refuges.
- 📣 En Europe de l'Ouest, des conditions climatiques plus humides pendant les interglaciaires du Pléistocène ont favorisé la plus grande diversité des cortèges de mollusques forestiers par rapport à ceux de l'Holocène.



## DYNAMIQUE DE RECOLONISATION LORS DU TARDIGLACIAIRE WEICHSÉLIEN EN EUROPE DU NORD-OUEST (15 000 – 11 700 ANS CAL BP)

Le Weichsélien correspond à la glaciation qui précède l'Holocène, et le Tardiglaciaire est la phase finale de cette glaciation, c'est une période d'environ 3 000 ans durant laquelle le climat passe d'un régime glaciaire à un régime interglaciaire. La courbe climatique de référence, établie par les variations isotopiques de l'oxygène ( $^{18}\text{O}$ ) enregistrées dans la carotte du Groenland (colonne de gauche sur la figure 1, Grootes *et al.*, 1993), montre que ce réchauffement ne survient pas de manière linéaire ni progressive. Au contraire, les températures subissent des oscillations bien marquées, avec un réchauffement brutal, interrompu par plusieurs épisodes froids de courte durée, et suivi par un dernier coup de froid important (env. 1 000 ans) avant d'entrer dans le régime interglaciaire de l'Holocène.

Les études menées ces dernières décennies, riches de nombreuses données, portent sur l'Europe du Nord-Ouest, de la Grande-Bretagne à la vallée du Rhin. Ces différentes régions sont représentées soit par des séquences particulièrement développées, soit par un référentiel régional basé sur l'analyse de plusieurs gisements.

Les successions malacologiques sont calées chronologiquement grâce aux datations  $^{14}\text{C}$ . La figure montre que sur un territoire aussi large que l'Europe du Nord-Ouest, les changements dans la composition des malacofaunes sont très homogènes, globalement contemporains et corrélés aux variations climatiques (Limondin-Lozouet, 2002).

La figure 2 présente le référentiel malacologique de la transition Tardiglaciaire-Holocène dans les fonds de vallée du Nord-Ouest de l'Europe (France nord et Angleterre),

les périodes tempérées sont représentées en rose sur la courbe climatique du Groenland et les périodes froides en bleu. Pour chaque épisode, les données accumulées permettent de définir des faunes types marquées par des espèces caractéristiques qui représentent des biotopes. En reliant ce référentiel aux taxons essentiels repérés dans les diagrammes palynologiques, il est possible de définir les types d'environnements auxquels correspondent ces variations de climat (Limondin-Lozouet, 2011).

Au début du Tardiglaciaire, pendant la phase de réchauffement, on observe une diversification progressive des malacofaunes. La majorité sont des espèces représentatives de milieux ouverts, au tout début de l'interstade les taxons de milieux humides dominant puis, des espèces plus xérophiles colonisent les environnements de fonds de vallée mieux drainés. Pendant le coup de froid du Dryas récent qui a duré environ 1 000 ans, les faunes s'appauvrissent à nouveau ; et certains des taxons présents dans la région étudiée ont aujourd'hui une distribution boréo-alpine plus restreinte. Au début de l'Holocène, apparaissent les premières espèces véritablement thermophiles qui indiquent des milieux plus fermés. La différence majeure entre la phase Tardiglaciaire et le début de l'Holocène est ce passage de milieux ouverts à des milieux fermés. La croissance régulière de la diversité pendant toute la phase interstadaire, va connaître un recul important pendant le dernier coup de froid avant de redémarrer à l'Holocène. Le Tardiglaciaire dure environ 3 000 ans, l'installation des forêts décidues holocènes survient environ 1 700 ans après le début de l'interglaciaire.

## DYNAMIQUE ENVIRONNEMENTALE : L'HOLOCÈNE EN EUROPE TEMPÉRÉE

Les différents référentiels holocènes disponibles à travers l'Europe moyenne tempérée montrent des successions d'environnements relative-

ment homogènes. Ces trajectoires très comparables sont caractérisées par le développement de la forêt dense de feuillus pendant la première moitié de l'Holocène puis, à partir de la moitié de l'Holocène moyen, les environnements commencent à s'ouvrir, sur un rythme variable selon les régions.

L'ouverture plus marquée des milieux survient au même moment, à l'âge du Bronze sous l'influence de l'anthropisation croissante. L'Homme devient alors un facteur prépondérant de la modification des paysages et donc des malacofaunes qui les peuplent (Granai et Limondin-Lozouet, 2014).

## VARIABILITÉ DE LA DIVERSITÉ RÉGIONALE

Pendant, sur ce même transect de l'Europe moyenne tempérée, les effectifs des différents groupes spécifiques, et en particulier ceux des taxons forestiers, marqueurs de l'interglaciaire, montrent une diversité régionale très importante. À l'échelle du continent européen, l'analyse de la répartition des mollusques forestiers met en évidence un fort gradient de diversité décroissante d'est en ouest. L'étude des cortèges holocènes montre que cette distribution constitue un héritage du Quaternaire directement lié à la proximité des zones refuges dans l'ouest des Carpates et à l'influence du climat, avant que la pression anthropique sur la modification des environnements ne devienne prégnante.

Des études montrent que dès le début de l'Holocène les stocks d'espèces forestières sont beaucoup plus importants dans les régions de l'est de l'Europe (en Slovaquie et en République tchèque notamment) que dans celles de l'ouest, où la pauvreté des cortèges est très marquée. En revanche, les quantités d'espèces de milieux ouverts sont assez comparables, ce qui s'explique probablement par le fait qu'à cette période on rencontre beaucoup plus de milieux ouverts dans l'ouest de l'Europe. Ces études démontrent donc que les zones refuges existantes à l'est pendant le Glaciaire constituent un fac-

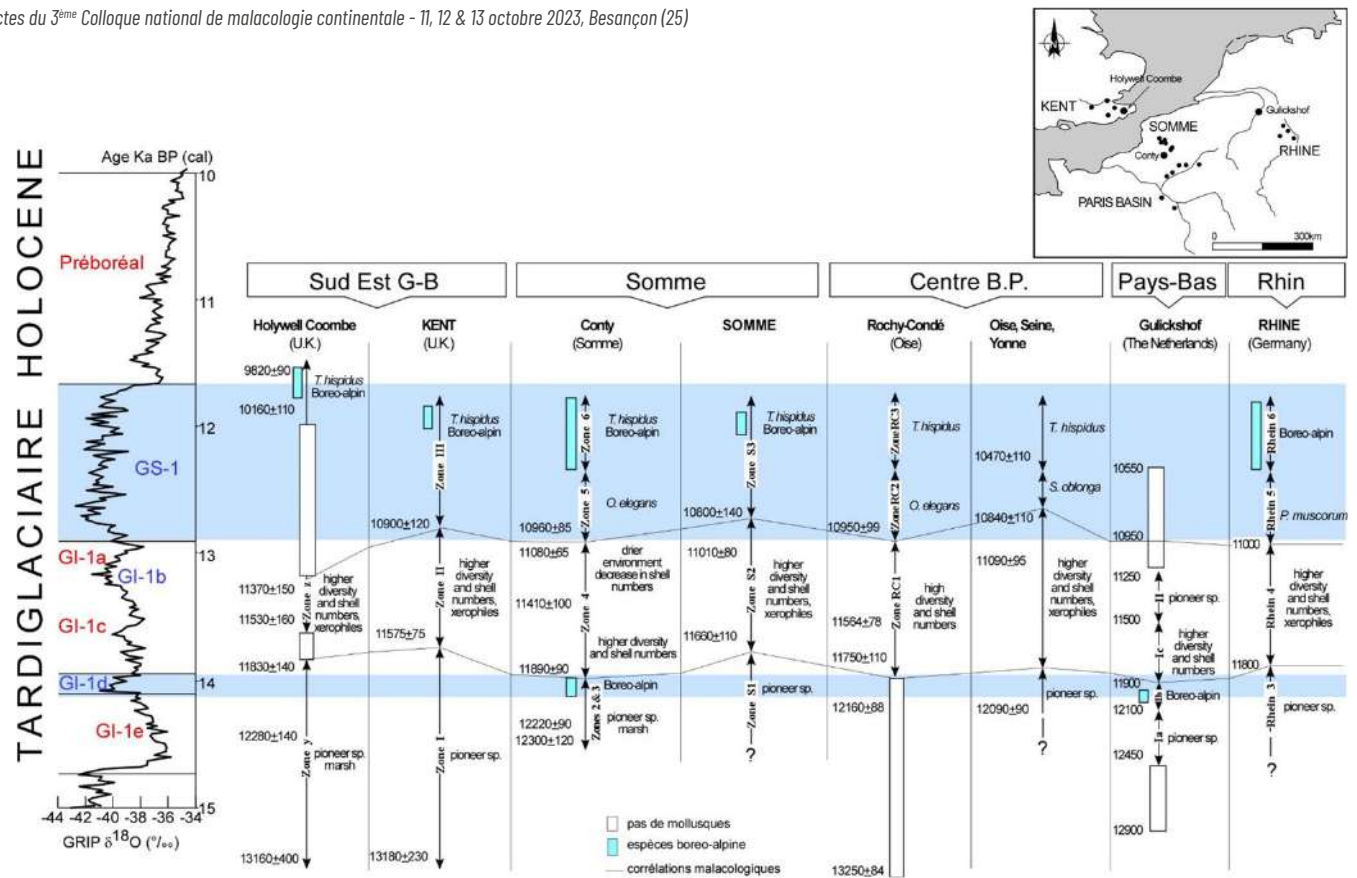


FIGURE 1 : Dynamique de recolonisation lors du Tardiglaciaire weichsélien en Europe du Nord-Ouest (15 000 - 11 700 ans cal BP).

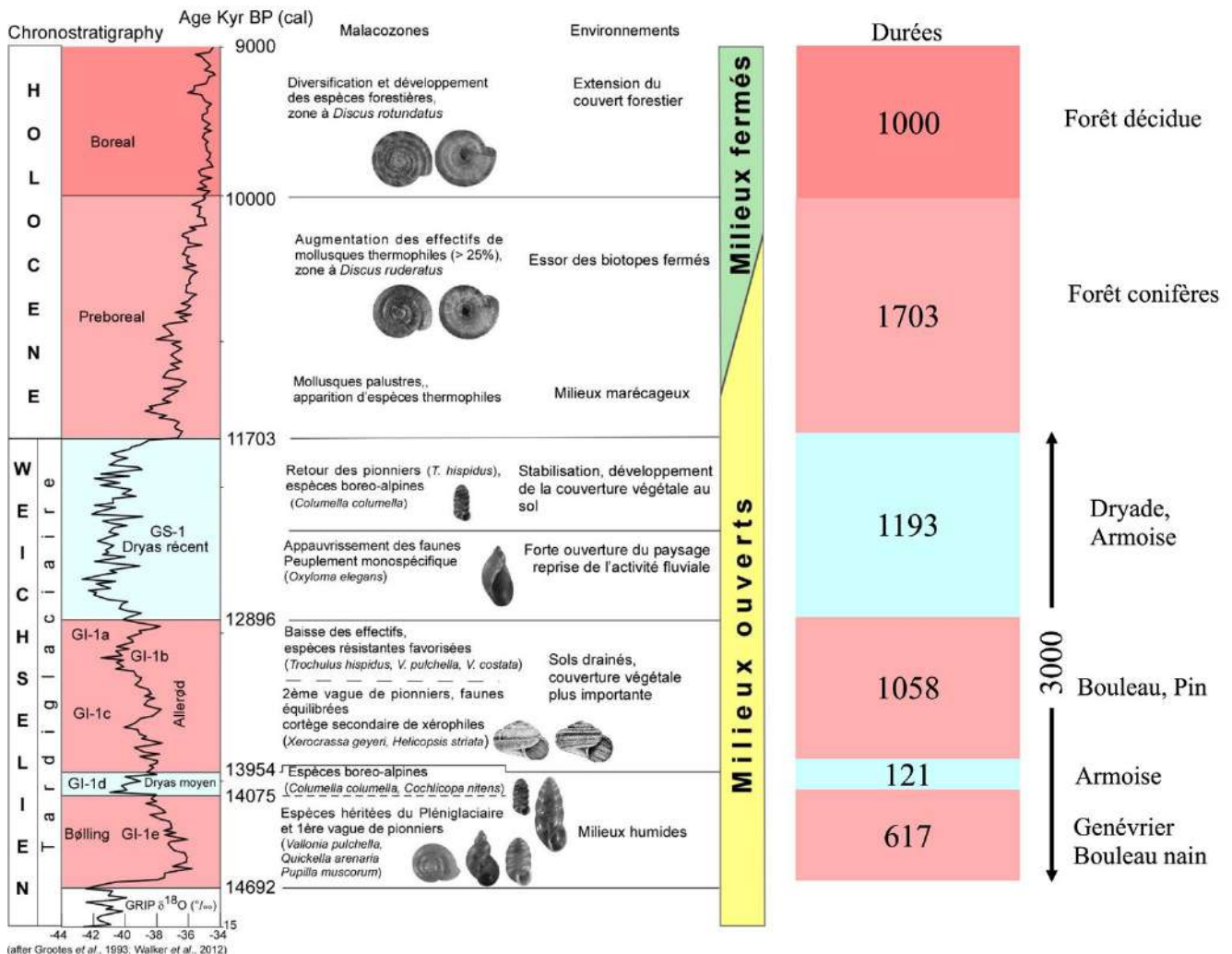
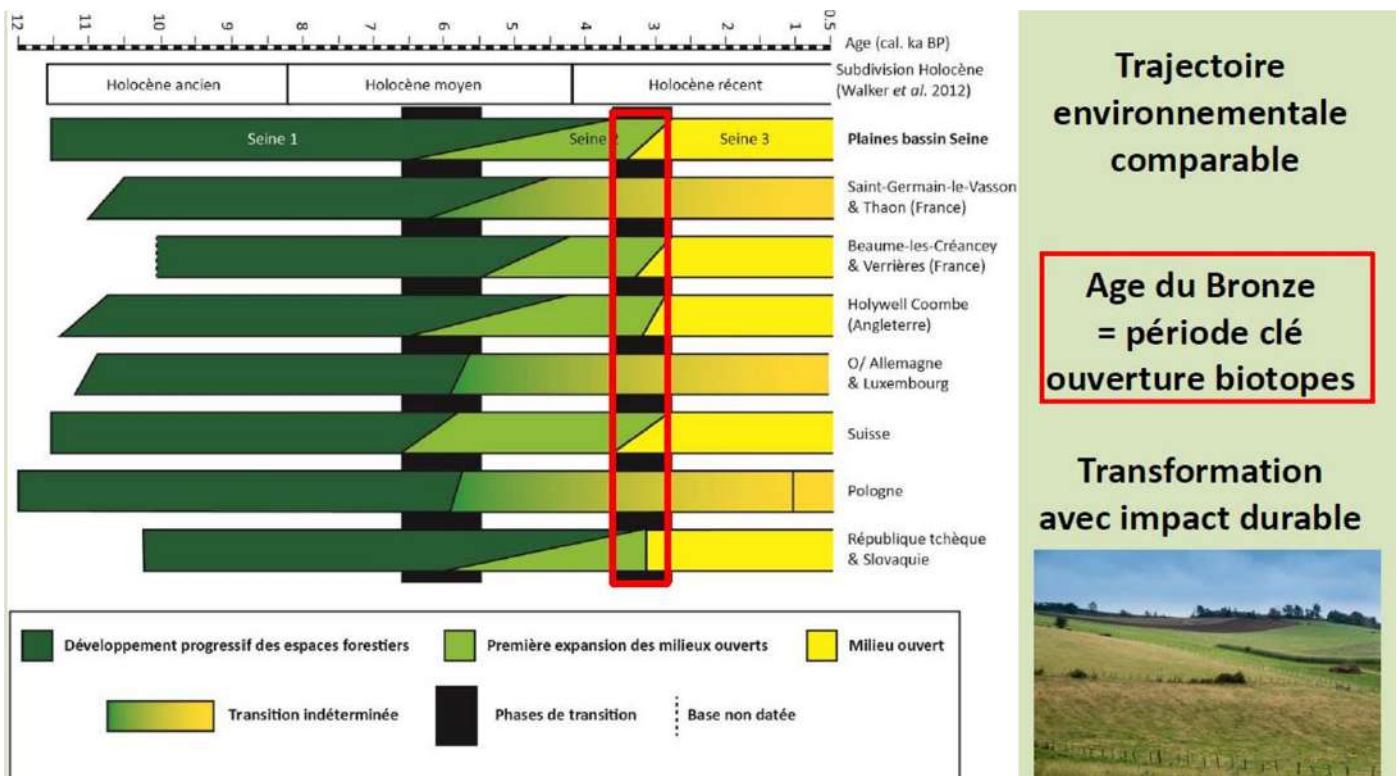


FIGURE 2 : Rythme de recolonisation lors du Tardiglaciaire et de l'Holocène en Europe du Nord-Ouest



**FIGURE 3 :** Mise en évidence d'un impact plurimillénaire des sociétés humaines sur la structuration du couvert végétal.

teur déterminant pour la richesse des faunes malacologiques forestières lors de la recolonisation de ces territoires au début de l'Holocène (Horsák et al., 2019).

### VARIABILITÉ DE LA DIVERSITÉ TEMPORELLE : INTERGLACIAIRES EN EUROPE DU NORD-OUEST

Pour les interglaciaires bien documentés, la comparaison des cortèges forestiers montre une perte très nette de la diversité entre les interglaciaires du Pléistocène et l'Holocène. Celle-ci est liée à l'occurrence d'espèces centre-européennes dans les forêts occidentales pendant les interglaciaires du Pléistocène qui ne sont pas présentes à l'Holocène (Limondin-Lozouet et Preece, 2014). Seul le facteur climatique conditionne cette variation de la diversité entre les différentes phases interglaciaires, car l'apparition de nouvelles espèces forestières cesse après l'optimum climatique, or à l'Holocène l'Homme ne devient un facteur impor-

tant de la modification des paysages qu'après cet optimum. Ainsi, l'évaluation des paramètres climatiques à partir d'études isotopiques sur les tufs (oxygène 18 et carbone 13) dont sont issues les séries malacologiques montre que, si les températures sont relativement similaires, l'humidité est beaucoup plus importante pendant les optima du Pléistocène que pendant celui de l'Holocène (Dabkowski et Limondin-Lozouet, 2021).

La présence d'espèces aujourd'hui éteintes et des espèces définies comme allochtones (qui existent encore actuellement mais ne sont plus présentes dans la région où elles ont été récoltées) permet d'identifier des signatures malacologiques particulières. Ainsi l'interglaciaire du MIS 11c (426-396 ka) est caractérisé par l'assemblage à *Lyrodiscus* qui compte 6 taxons éteints et 18 allochtones et représente un biotope de forêt dense et humide (Limondin-Lozouet, 2017). L'Interglaciaire qui précède le nôtre, l'Eemien (MIS 5e, 130-115 ka), se distingue par la faune à *Daubardia* comprenant une dizaine d'allochtones (Antoine et al., 2024). Pendant l'Holocène (11,7-0 ka), la liste des espèces allochtones se réduit. Les deux taxons forestiers qui lui sont particuliers (*Acicula fusca* et

*Merdigera obscura*), absents des précédentes interglaciaires, sont encore présents aujourd'hui en Europe du Nord-Ouest.

Certaines séquences très développées, comme celle de La Celle pour le MIS 11c, permettent d'observer en détail de quelle provenance et dans quel ordre les espèces forestières recolonisent l'Europe de l'Ouest (Limondin-Lozouet et al., 2020). Ces cartes (figure 4) correspondent à quatre étapes de développement de la forêt définies sur la séquence de La Celle. Elles montrent pour chaque phase la liste des nouvelles espèces forestières recensées et leurs distributions géographiques actuelles. Elles mettent en évidence qu'au cours du MIS 11c, les espèces recolonisent l'Europe du Nord-Ouest depuis les régions atlantique et l'Europe centrale. Plus on avance dans la progression de la dynamique forestière, plus les zones de répartition des espèces colonisatrices deviennent étroites et limitées, ce qui montre une exigence écologique accrue. Il faut attendre l'optimum forestier pour observer l'apparition d'espèces dont les distributions actuelles s'étendent vers le sud de l'Europe et peuvent potentiellement provenir de zones refuges méridionales.

**Trajectoire environnementale comparable**

**Age du Bronze = période clé ouverture biotopes**

**Transformation avec impact durable**

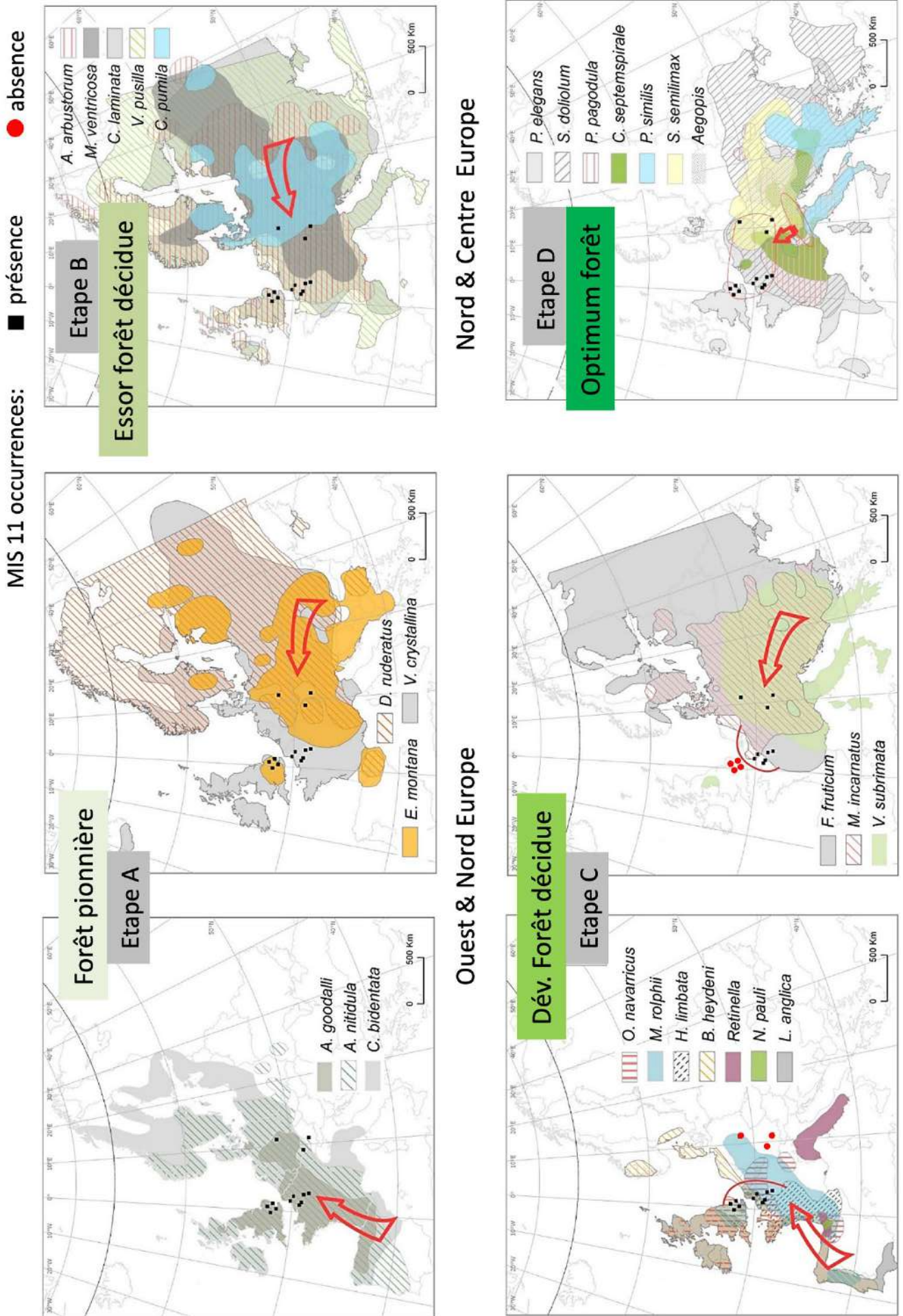
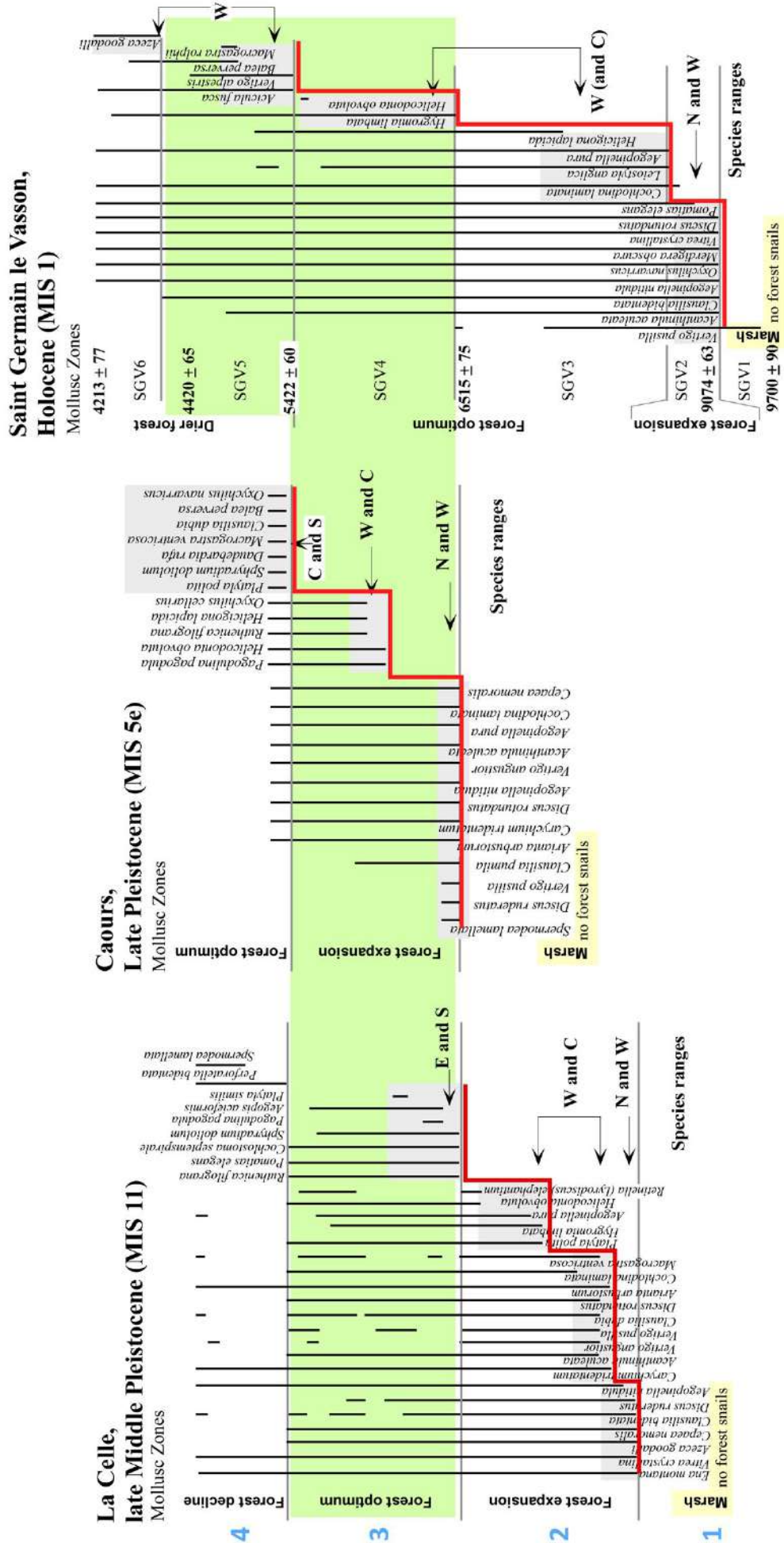


FIGURE 4 : Recolonisation des espèces forestières durant l'interglaciaire MIS 11c.

# Interglaciaires = biotopes forestiers -> similarité des successions malacologiques



1. habitats ouverts
  2. apparition progressive des espèces forestières -> ordre d'arrivée selon la valence écologique et la distance des zones refuges
  3. phase de diversité maximum
  4. déclin des habitats forestiers
- > premiers thermophiles mais pas d'espèces forestières
  - > ordre d'arrivée selon la valence écologique et la distance des zones refuges
  - > espèces forestières : > 50 % des associations, dernières arrivées d'espèces

(Limondin-Lozouet & Preece, 2014, JMS)

FIGURE 5 : Similarité de la recolonisation forestière interglaciaire.

La comparaison des dynamiques d'évolution des biotopes forestiers d'un interglaciaire à l'autre (MIS 11c, MIS 5e, première moitié de l'Holocène) aboutit à un schéma général en quatre étapes, similaire pour tous les interglaciaires (Limondin-Lozouet et Preece, 2014). Les premiers habitats sont très ouverts sans espèces forestières, par la suite l'apparition et la diversification progressive des cortèges de taxons forestiers correspondent au développement de la forêt de feuillus, la diversité maximum de ces cortèges est atteinte lors de l'optimum après lequel, dans le cadre des interglaciaires pléistocènes, la forêt régresse en réponse au déclin des températures.

## RECOLONISATION FORESTIÈRE : DE L'Holocène À L'ACTUEL DANS LE NORD DE LA FRANCE

En retraçant les arrivées progressives des espèces forestières dans les séries holocènes du nord de la France, il est possible de définir des groupes successifs d'espèces de plus en plus exigeantes en termes de valence écologique :

- Les « pionniers », qui arrivent les premiers dans les séquences holocènes et restent extrêmement fréquents jusqu'à aujourd'hui dans tous les types d'habitats fermés (*Clausilia bidentata*, *Cochlodina laminata*, *Vitrea crystallina*, *Discus rotundatus*, *Aegopinella nitidula*, *Carychium tridentatum*, *Cepaea* sp.).
- Les « communs », qui arrivent un peu plus tard mais sont très présents, même dans les habitats semi-ombragés (*Pomatias elegans*, *Oxychilus cellarius*, *Aegopinella pura*, *Helicigona lapicida*, *Acanthinula aculeata*, *Merdigera obscura*).
- Les « rares », qui demandent un environnement franchement forestier (*Sphyradium doliolum*,

*Azeca goodalli*, *Vertigo pusilla*, *Helicodonta obvoluta*, *Hygromia limbata*, *Acicula fusca*).

- Les « très rares à exceptionnels », qui nécessitent une forêt installée depuis longtemps et de manière pérenne (*Ena montana*, *Macrogastera rolphii*, *Balea perversa*, *Alinda biplicata*, *Fruticicola fruticum*, *Macrogastera ventricosa*, *Oxychilus navarricus*, *Lauria cylindracea*, *Leiostylia anglica*).

La comparaison des successions malacologiques au cours des différents interglaciaires met donc en évidence des constantes dans l'ordre d'apparition des espèces, qui sont fonction de leur valence écologique. Elle permet d'identifier des catégories selon un classement de tolérance et des seuils de développement de diversité, qui apportent des informations utiles aux stratégies actuelles de gestion des habitats naturels ou de renaturation d'espaces anthropisés.

## RÉFÉRENCES

- Antoine P., Limondin-Lozouet N., Dabkowski J., Bahain J.J., Ghaleb B., Reyss J.L., Auguste P., Sevèque N., Jamet G., Jolly-Saad M.C., Gauthier A. Lebreton L., Locht J.L., 2024. Last interglacial in Western Europe: 20 years of multidisciplinary research on the Eemian (MIS 5e) calcareous tufa sequence at Caours (Somme Basin, France). *Boreas* accepté.
- Antoine P., Limondin-Lozouet N., 2024. Late Middle Pleistocene (MIS 10-6) glacial-interglacial records from loess-palaeosols and fluvial sequences from Northern France: a cyclostratigraphic approach. *Boreas* accepté.
- Dabkowski J., Limondin-Lozouet N., 2021. Comparison of temperature and humidity during MIS 11 and MIS 5e interglacials with the Holocene using stable isotopes in tufa deposits from Northern France. *Quaternary research*, 1-12, doi:10.1017/qua.2021.66
- Granai S., Limondin-Lozouet N., 2014. Contribution of two mala-

cological successions from the Seine floodplain (France) in the reconstruction of the Holocene palaeoenvironmental history of northwest and central Europe: vegetation cover and human impact. *Journal of Archaeological Science*, 52, 468-482.

– Grootes P.M., Stuiver M., White J.W.C., Johnsen S., Jouzel J., 1993. Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores. *Nature*, 366, 552-554.

– Horsák M., Limondin-Lozouet N., Juříčková L., Granai S., Horáčková J., Legentil C., Ložek V., 2019. Holocene succession patterns of land snails across temperate Europe: east to west variation related to glacial refugia, climate and human impact. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 524, 13-24.

– Limondin-Lozouet N., 2002. *Impact des oscillations climatiques du Tardiglaciaire sur l'évolution des malacofaunes de fonds de vallée en Europe du Nord-Ouest*. In: H. Richard et A. Vignot (dir) : *Équilibres et Ruptures des écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*, Actes du Colloque international de Besançon, septembre 2000, Presses Universitaires Franco-Comtoises, Annales Littéraires 730, Série « Environnement, sociétés et archéologie », 3, 45-51.

– Limondin-Lozouet N., 2011. Successions malacologiques à la charnière Glaciaire/Interglaciaire : du modèle Tardiglaciaire-Holocène aux transitions du Pléistocène. *Quaternaire*, 22, 211-220.

– Limondin-Lozouet N., Preece R.C., 2014. Quaternary perspectives on the diversity of land snail assemblages from NW Europe. *Journal of Molluscan Studies*, 80, 224-237.

– Limondin-Lozouet N., 2017. « L'assemblage à *Lyrodiscus* », marqueur paléoenvironnemental et biostratigraphique des forma-

tions du SIM 11 en Europe du Nord-Ouest. *Quaternaire*, 28, 231-238.

– Limondin-Lozouet N., Dabkowski J., Antoine P., 2020. Palaeoenvironmental dynamics of MIS 11 interglacial in northwestern

Europe based on the malacological succession of La Celle (Seine Valley, France): relationship with glacial refugia and palaeobiodiversity. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*,

560, 110044. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.110044>

## QUESTIONS-RÉPONSES

**Guillaume DOUCET, CEN Bourgogne : *Peut-on, avec vos travaux, mesurer la vitesse de déplacement et de colonisation des espèces ?***

R. Cela dépend de la période sur laquelle on travaille. Sur l'Holocène, on pourrait y arriver : cette tranche de temps étant accessible par le carbone 14, on obtient des dates relativement précises, avec une marge d'erreur limitée. Mais pour obtenir ces informations, il faudrait compiler beaucoup plus de données afin d'être très précis. C'est un peu ce qu'on a fait sur le Tardiglaciaire : avec toutes les dates C14, on peut dire en combien de centaines d'années on passe de la faune glaciaire à la faune interstadaire. Sur les interglaciaires du Pléistocène, les méthodes de datation ont des marges d'erreur trop importantes pour pouvoir dire si on se trouve au début, au milieu ou à la fin de l'interglaciaire. La seule manière d'apprécier cette durée est de travailler sur la biostratigraphie, le développement des bioindicateurs.

**Olivier GERRIET, MHN de Nice : *Peut-on voir si, après l'arrivée d'un végétal forestier, l'arrivée des coquilles est immédiate ou s'il faut un peu de temps avant que les mollusques arrivent ?***

R. Ces deux indicateurs, malacologie et végétation, fonctionnent vraiment en même temps. C'est vrai que certains indicateurs peuvent obéir à des tempos différents, comme les coléoptères. On essaie aussi de développer la relation entre les types d'assemblages malacologiques et les types de couverts forestiers.

Aujourd'hui, on arrive à différencier ce qu'est une malacofaune de forêt de conifères et celle d'une forêt de feuillus. C'est déjà pas mal.

**Olivier GARGOMINY, PatriNat : *Quels renseignements cela nous apporte-t-il sur le contexte actuel de réchauffement climatique ? Est-on en mesure de dire que la malacofaune va pouvoir réagir ? Et si oui, quelles espèces vont être les plus impactées et quelles espèces vont pouvoir évoluer ?***

R. Dans l'équation actuelle, le facteur le plus perturbant est le facteur anthropique : le fractionnement des habitats, la modification de ces habitats très fermés. Pour avoir une faune très diversifiée en forêt, il faut que l'environnement ait eu une pérennité assez forte pour permettre à ces espèces aux valences écologiques très étroites de s'y installer. Les opérations de renaturation (replanter des arbres en ville, etc.) augmentent certes la diversité des espèces, mais les espèces présentes sont les mêmes que celles qui sont présentes au tout début des interglaciaires : c'est le groupe des pionniers et, avec un peu de chance, le groupe des communs, qu'on trouve partout. Mais après, ça ne se développe plus parce que l'îlot de végétation est planté au milieu d'une zone complètement urbanisée. Le réchauffement climatique va bien sûr jouer sur les forêts de montagne par exemple mais, sur les zones urbanisées, l'anthropisation reste le facteur majeur.

## LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE

Deux articles sont sous presse dans la revue *Boreas* (Antoine *et al.*, 2024 ; Antoine et Limondin-Lozouet, 2024) qui concernent la thématique des interglaciaires quaternaires. Le premier fait la synthèse des travaux effectués sur le tuf de Caours (Somme) qui fournit la succession malacologique de référence pour l'Eemien. Dans le second article sont discutés les enregistrements quaternaires du Bassin parisien couvrant la deuxième partie du Pléistocène moyen (MIS 10 à MIS 6 : 350 à 130 ka). Deux interglaciaires sont représentés dans cet intervalle de temps (MIS 9 et MIS 7). Dans les enregistrements malacologiques des séquences fluviatiles, les espèces de milieu fermé les plus exigeantes, originaires d'Europe centrale, qui caractérisent les biotopes forestiers développés pendant les périodes interglaciaires du Pléistocène, telles que le MIS 11c et le MIS 5e, sont présentes pendant le MIS 9, mais sont absentes dans la série du MIS 7. Ceci indique que la forêt était moins développée pendant le MIS 7, ce qui suggère que les conditions climatiques étaient plus sèches et/ou plus fraîches que pendant les autres périodes interglaciaires du Pléistocène.

gh - gh30

**RYTHME & DYNAMIQUE de Recolonisation des MALACOFaUNES : L'APPORT des ÉTUDES QUATERNAIRES**

Comment passe-t-on des Faunes Glaciaires aux Faunes Interglaciaires?

des oscillations puis BOUM!

Référentiel France du Nord-Ouest (avec la courbe du Groënland)

J'ai un petit creux... C'est le dernier coup de froid...

Développement des Feuillus (Holocène)

Forestier : marqueur de l'Holocène

espèces éteintes

Temps

Les espèces arrivent de l'atlantique et du centre de l'europe

Humidité plus importante que dans l'Holocène

Définition de Groupes d'espèces qu'on va retrouver partout

Je suis là! et là!

Quelle vitesse de progression des escargots?

Ben pas vite, hein!

de la salade! Je cours plus vite!

flonmiers nouveaux



# IMPLICATIONS PALÉOENVIRONNEMENTALES ET BIOGÉOGRAPHIQUES DE LA MALACOLOGIE QUATERNAIRE À HAUTE RÉOLUTION

## Le cas de la séquence lœssique du dernier glaciaire d'Amiens-Renancourt 1 (France)

**Olivier MOINE** - Laboratoire de Géographie Physique UMR CNRS 8591



Les malacofaunes glaciaires européennes ont rarement fait l'objet d'études approfondies et détaillées, bien que préservées dans des dépôts éoliens carbonatés très largement répandus, les lœss. Peu d'assemblages par site sont disponibles et ils sont le plus souvent mal, voire non, datés. La réalisation d'échantillonnages à haute résolution combinée à la datation radiocarbone de granules calcitiques de vers de terre, récemment mise au point et validée pour les lœss, offre de nouvelles perspectives en termes de reconstitution dynamique de la variabilité spatio-temporelle des malacofaunes glaciaires, dont le site d'Amiens-Renancourt 1 constitue un parfait exemple.

### LES MESSAGES CLÉS

- 🗣️ L'échantillonnage à haute résolution permet de décrire avec une précision inédite les changements environnementaux survenus au cours des interstades GI-4 et GI-3.
- 🗣️ Les environnements lœssiques périglaciaires et leurs peuplements montrent une très haute sensibilité aux variations millénaires du climat durant la dernière période glaciaire.

### LES LÆSS, MILIEUX FAVORABLES À LA CONSERVATION DES MOLLUSQUES GLACIAIRES

Les lœss sont des dépôts éoliens périglaciaires constitués de particules silteuses issues de l'érosion des roches par les glaciers, drainées par les rivières dans leurs plaines alluviales, parfois à plusieurs centaines de kilomètres du glacier comme les plateaux exondés de la Manche, de

la mer du Nord ou les grandes vallées du Rhône, de la Seine, du Rhin, du Danube, etc. (Antoine, 2002). Ces particules sont reprises par la dynamique éolienne des vents d'ouest, qui balaient toute l'Europe à cette époque, et sont déposées sur de grandes surfaces dans des zones de basse altitude à distance variable des sources. On trouve ces dépôts dans toute la plaine européenne, de la Bretagne jusqu'à l'Oural, ce qui représente un immense terrain de recherches.

Les lœss, riches en calcaire, constituent l'un des milieux de vie les plus favorables aux populations de mol-

lusques terrestres et à la conservation de leurs coquilles. Les taux de carbonate des séquences, variant entre 5 et 40 %, en permettent une bonne préservation. D'autres bio-indicateurs comme le pollen, les phytolithes, les macro-restes végétaux, les restes de coléoptères ou de micromammifères, sont souvent mal préservés (Moine, 2008). Ainsi, par exemple, le pollen ne résiste pas à l'altération par l'oxygène et les macro et micromammifères ne sont présents que de manière trop sporadique pour reconstituer des évolutions environnementales diachroniques détaillées. A contrario, les mollusques y sont

présents de manière continue à la fois dans l'espace et dans le temps, parfois même en très grande quantité, ce qui permet de reconstituer avec précision les variations de l'environnement dans l'espace et dans le temps.

La dernière période chaude, l'interglaciaire éémien, est caractérisée par le développement d'un épais paléosol complètement décarbonaté stérile en coquilles dans toute l'Europe de l'Ouest (Antoine *et al.*, 2016). Pendant l'entrée en glaciation (110-70 ka), on trouve des successions de sols moins intenses que le sol interglaciaire mais suffisamment décarbonatés pour empêcher les recherches et les études environnementales notamment sur la façade océanique.

Les dépôts lœssiques qui se développent ensuite entre -70 000 et -20 000 ans, source la plus importante de matériel, peuvent être divisés en trois phases :

- Une première phase froide (70-55 ka) caractérisée par des épaisseurs de lœss faibles dues au fait que les glaciers n'étaient pas encore développés et que le réchauffement significatif qui survient au début de la phase ultérieure a souvent perturbé ces dépôts (solifluction) les rendant difficilement exploitables.
- Une phase médiane plus clémente (55-35 ka) durant laquelle le développement de petits sols (sols arctiques, sols boréaux) alterne avec des lœss proprement dits. En Europe de l'Ouest, ces sols sont généralement décarbonatés. En France et en Belgique, il est donc difficile d'y mener des recherches. En revanche, à partir de la vallée du Rhin, on y recense des malacofaunes qui permettent de reconstituer le milieu.
- La seconde phase froide (35-15 ka) comporte les dépôts les plus épais. Les unités de lœss alternent avec des sols hydromorphes (gleys). Ils sont toujours carbonatés (sauf à leur sommet, et notamment en Normandie, à cause des acides humiques du sol actuel qui ont percolé parfois jusqu'à plusieurs mètres de profondeur), fournissent le plus

grand nombre de données (Moine, 2008, 2014) et permettent d'obtenir des chronologies au radiocarbone, datations indispensables à l'étude des paléoclimats.

Les taux de sédimentation de cette dernière phase y étant les plus élevés, on y trouve également les enregistrements les plus détaillés de l'évolution de l'environnement au cours de la dernière période glaciaire qui n'est pas une période froide homogène : s'y succèdent des oscillations climatiques plus douces qui durent quelques centaines à un ou deux milliers d'années, enregistrées grâce à des isotopes de l'oxygène dans les carottes de glace du Groenland et caractérisées par le développement des différents types de sols mentionnés ci-dessus en fonction de leur durée, comme cela a été démontré grâce aux datations radiocarbone sur granules de vers de terre (Moine *et al.*, 2017). Les modèles nous indiquent que, pendant ces oscillations, les températures moyennes annuelles ont pu augmenter de 2 à 4 degrés en Europe et les précipitations croître de 200 à 500 mm dans certaines régions et diminuer de 100 à 200 mm dans d'autres. Les études paléomalacologiques de cette période glaciaire s'efforcent donc de caractériser, à l'aide des faunes de mollusques et de leurs changements au cours du temps, l'impact de cette variabilité climatique sur l'environnement et la biodiversité (Moine *et al.*, 2008, 2011).

## DONNÉES MALACOLOGIQUES DISPONIBLES POUR LE PLÉNIGLACIAIRE SUPÉRIEUR

Jusqu'à maintenant, les données malacologiques disponibles des lœss du Nord-Ouest de l'Europe étaient très lacunaires et anciennes avec entre 20 et 70 ans d'ancienneté et, pour la plupart, ne disposant pas de datations numériques, en l'absence de moyens fiables. Le seul moyen de les classer dans cette tranche de temps était la succession des

couches de dépôts dans laquelle elles étaient trouvées (Moine, 2008).

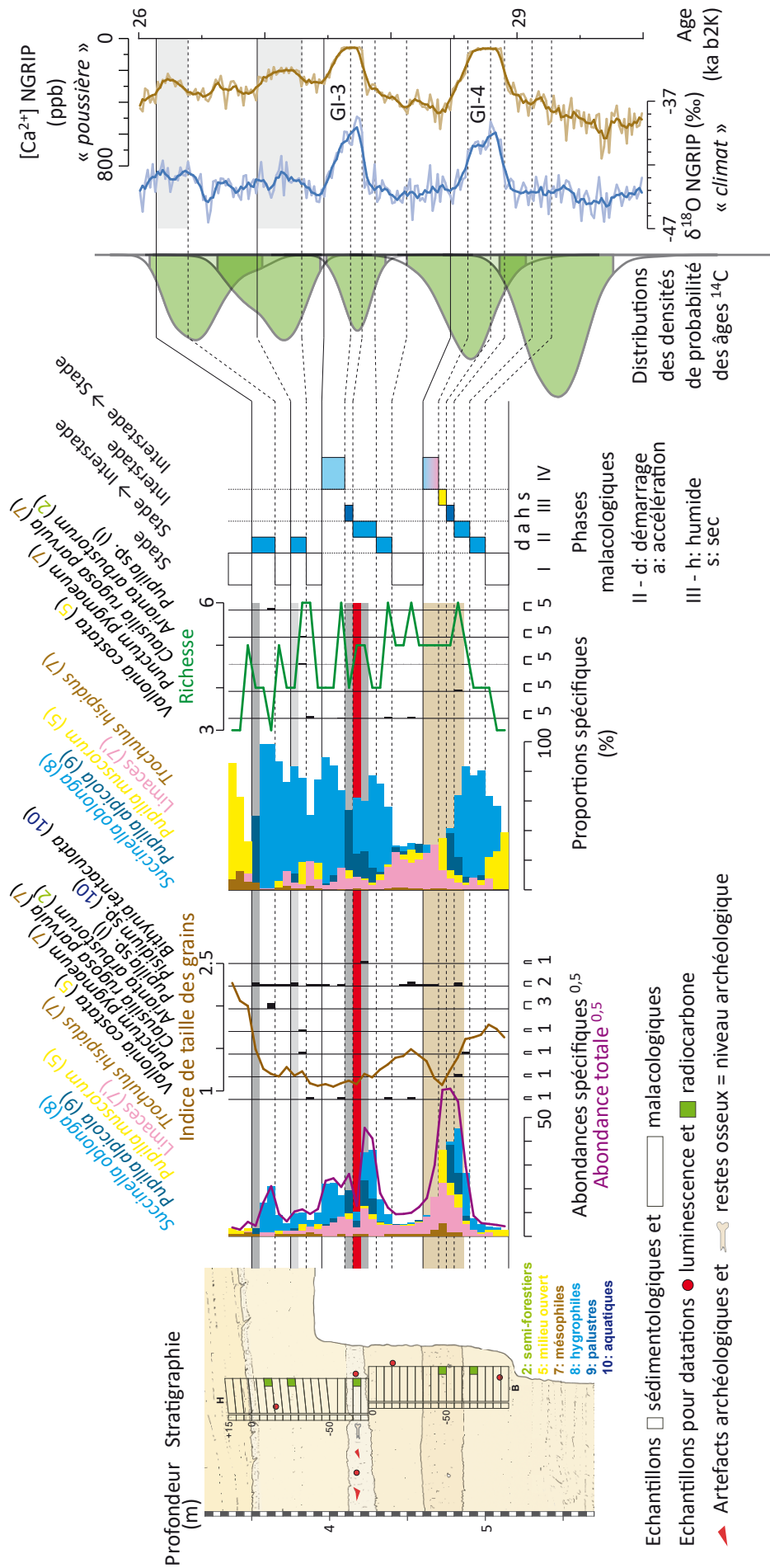
Ces données permettent néanmoins de distinguer plusieurs domaines biogéographiques. Dans le domaine en marge de la Manche, on ne recense que 5 ou 6 taxons, alors que la diversification des espèces à mesure qu'on se déplace vers l'Europe centrale permet d'en distinguer plusieurs autres, la zone la plus riche se trouvant néanmoins dans la haute et moyenne vallée du Rhin avec un *hotspot* dans la région de Heidelberg en Allemagne (Moine, 2014), où aujourd'hui poussent également de manière naturelle de la vigne et quelques essences florales méditerranéennes.

Cependant, les données par site restent dans la majorité des cas trop peu nombreuses pour caractériser l'impact de la variabilité climatique glaciaire millénaire mise en évidence dans les carottes de glace du Groenland, i.e. l'alternance de stades glaciaires (GS, froids et secs) et d'interstades (GI, plus doux et humides) respectivement corrélés aux unités de lœss et aux horizons pédogénétiques (gleys ou sols bruns arctiques/boréaux).

## LE CAS DE LA SÉQUENCE LŒSSIQUE DU DERNIER GLACIAIRE D'AMIENS-RENANCOURT 1

Sur la fouille archéologique de Renancourt, située sur un flanc de vallon sec exposé nord-est, dans la banlieue ouest d'Amiens, une étude paléomalacologique a été effectuée afin de reconstituer l'évolution paléoenvironnementale du site et de mieux contraindre localement la relation entre environnement et présence de l'Homme (Moine *et al.*, 2021).

La séquence stratigraphique étudiée est composée d'environ 2 m de lœss homogène et inclut deux gleys distincts datés d'environ 28 900 et 27 600 ans cal. BP. Les échantillons malacologiques ont été prélevés par tranches successives de 5 cm. Dans la succession des dépôts, on observe une alternance entre des lœss,



**FIGURE 1 :** Données malacologiques et granulométriques, phasage environnemental et corrélations proposées avec les enregistrements climatiques du Groenland, d'après Moine et al. (2021) modifié.

dépôts éoliens purs qui se forment en périodes froides (les stades), et des horizons hydromorphophes cryotur-bés (gleys) se développant avec les successions de gel et dégel saison-nier du pergélisol, ce qui amène de l'humidité dans le sol. Les sédiments renvoient ainsi l'image de conditions plus humides pendant les interstades.

On note une augmentation importante de l'abondance et de la richesse spécifique lors des périodes de réchauffement, avec une prédominance de taxons hygrophiles (principalement *Succinella oblonga*) dans ces horizons de paléosols. Un constat intéressant est à noter : bien que le site se trouve dans le domaine proche de la Manche, identifié comme le plus pauvre, on relève à Renancourt la même dynamique générale de la malacofaune qu'à Nussloch (Allemagne) dans la vallée du Rhin, domaine le plus riche : des augmentations d'abondance liées à chacune des périodes de réchauffement.

La période qui suit est caractérisée par une température et une humidité plus élevées qui profitent à l'abondance mais pas à la richesse de la malacofaune, l'humidité excessive lui étant défavorable à cette dernière : en effet, l'hiver, l'eau gèle dans le sol sous forme de petites lentilles néfastes aux racines de la végétation, entraînant une perte de diversité végétale et par conséquent une perte des espèces nécessitant le couvert végétal le plus diversifié, à savoir la composante arbustive dans ces environnements. L'engorgement printanier du sol pendant au moins plusieurs semaines avec risque de regel n'est également pas favorable à la composante arbustive.

L'observation détaillée des alternances lœss-gley, i.e. cycles stade-interstade (froid et chaud), à Renancourt montre dans les lœss un paysage ouvert peu végétalisé caractérisé par *Pupilla muscorum* et *Succinella oblonga*, avec des abondances faibles en raison d'un climat froid. La prédominance de *Pupilla muscorum* à la base puis de *Succinella oblonga* au sommet reflète une tendance à l'humidification du milieu au cours des stades.

Dans chaque gley, i.e. pour chaque interstade, un schéma semblable se répète :

- une phase de transition marquée par une augmentation très importante de l'abondance de la malacofaune, i.e. des effectifs, qui correspond à une augmentation de température ; en parallèle les proportions croissantes de *Pupilla alpicola*, espèce alpine de marécage, indiquent un milieu plus humide et l'accroissement de la diversité, avec l'apparition de *Vallonia costata*, *Punctum pygmaeum* et/ou *Clausilia rugosa parvula*, révèlent un couvert végétal plus dense, voire une composante arbustive plus développée pour les deux derniers ;
- une phase optimale caractérisée par des effectifs maximums et une prédominance de taxons hygrophiles/palustres (principalement *Succinella oblonga*), correspondant à une humidité maximale associée à une végétation de nouveau appauvrie ;
- une phase de transition vers des températures plus froides et des conditions plus sèches, marquée par des effectifs décroissants, et des proportions accrues, voire prédominantes dans le gley inférieur, de *Pupilla muscorum* et des limaces.

Grâce aux datations réalisées le long de la coupe sur des granules calcitiques de vers de terre (ECG) – les coquilles ayant tendance à fournir des âges plus élevés en raison de l'absorption et de l'assimilation de carbone ancien par les escargots –, ces deux événements de formation de sol ont pu être corrélés avec les interstades GI-4 et GI-3. Pour la première fois, il a pu être mis en évidence une succession de dominances d'espèces et une proposition de corrélation avec les phases de développement des interstades (entrée dans l'interstade, optimum puis décroissance). Il est intéressant de noter que la présence de l'Homme (indiquée dans la figure par le niveau rouge) n'est pas liée au moment le plus chaud de l'interstade (également le plus humide), mais intervient dans la phase qui le précède, où sont recensés pour l'in-

terstade précédent les deux taxons de végétation arbustive que sont *Punctum pygmaeum* et *Clausilia rugosa parvula*.

Grâce aux datations au radiocarbone sur ECG, des corrélations sur plusieurs milliers des kilomètres et des cartographies sont dorénavant envisageables pour chacune des oscillations, à condition bien sûr de disposer des données nécessaires. Ces données paléomalacologiques peuvent ensuite être valorisées par exemple en réalisant des corrélations avec l'extension spatiale des sols polygonaux, i.e. des réseaux de coins de glace, développés sur pergélisol, ou encore avec celle des peuplements gravettiens à solutréens, liées aux ressources alimentaires du milieu, très probablement dépendantes elles-mêmes des gradients climatiques et environnementaux.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les résultats démontrent la très haute sensibilité des environnements lœssiques périglaciaires et de leurs peuplements notamment malacologiques aux variations millénaires du climat durant la dernière période glaciaire. Cet indicateur permet de rechercher une variabilité très fine au cours du dernier glaciaire qui, couplée avec des datations au radiocarbone, nous permettra de dater les changements repérés dans l'environnement – ce qui n'était pas possible avec les datations par luminescence sur quartz en raison de leurs marges d'erreur trop importantes – et d'identifier les événements climatiques qui leur sont contemporains.

## RÉFÉRENCES

- Antoine P., 2002. Les loess en France et dans le nord-ouest européen. *Revue française de Géotechnique*, 99, 3-21.
- Antoine P., Coutard S., Guérin G., Deschodt L., Goval E., Loch J.-L. & Paris C., 2016. Upper Pleistocene loess-palaeosol records from Northern

France in the European context : Environmental background and dating of the Middle Palaeolithic. *Quaternary International*, 411 (A), 4-24.

– Moine O., 2008. West-European malacofauna from loess deposits of the Weichselian Upper Pleniglacial : compilation and preliminary analysis of the database. *Quaternaire*, 19 (1), 11-29.

– Moine O., 2014. Weichselian Upper Pleniglacial environmental variability in north-western Europe reconstructed from terrestrial mollusc faunas and its relationship with the presence/absence of human settlements. *Quaternary International*, 337, 90-113.

– Moine O., Rousseau D.-D. & Antoine P., 2008. The impact of Dansgaard-Oeschger cycles on the loessic environment and malacofauna of Nussloch (Germany) during the Upper Weichselian. *Quaternary Research*, 70 (1), 91-104.

– Moine O., Antoine P., Deschodt L. & Sellier-Segard N., 2011. Enregistrements malacologiques à haute résolution dans les lœss et les gleys de toundra du Pléniglaciaire weichselien supérieur : premiers exemples du nord de la France. *Quaternaire*, 22 (4), 307-325.

– Moine O., Antoine P., Hatté C., Landais A., Mathieu J., Prud'homme C. & Rousseau D.-D., 2017. The impact of Last Glacial

climate variability in west-European loess revealed by radiocarbon dating of fossil earthworm granules. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114 (24), 6209-6214.

– Moine O., Antoine P., Coutard S., Guérin C., Hatté C., Paris C. & Saulnier-Copard S., 2021. Intra-interstadial environmental changes in Last Glacial loess revealed by molluscan assemblages from the Upper Palaeolithic site of Amiens-Renancourt 1 (Somme, France). *Journal of Quaternary Science*, 36 (8), 1322-1340.



## QUESTIONS-RÉPONSES

**Guillaume DOUCET, CEN Bourgogne : À quoi réfère précisément le terme haute résolution ?**

**R.** Cela réfère à la résolution de l'échantillonnage (on prélève 10 litres de sédiments par tranche de 5 cm d'épaisseur) et à la résolution temporelle, qui dépend du taux de sédimentation des sédiments lœssiques. Dans la séquence allemande de Nussloch, à très fort taux de sédimentation, on atteint une centaine d'années par tranche de 10 cm, donc environ 50 ans par échantillon. A Renancourt, on est à environ 200 ans par échantillon en raison de taux de sédimentation un plus faibles.

**Emmanuel FARA, Université de Bourgogne : Vous avez dit que les âges donnés par les escargots sont légèrement plus élevés et que vous utilisez les vers de terre. Pouvez-vous en dire plus ?**

**R.** Dans les années 1980, les archéologues étaient très demandeurs de datation au carbone 14 et envoyaient systématiquement à dater ce qu'ils trouvaient dans leurs séquences holocènes, notamment de très gros escargots qui ont besoin de beaucoup de calcium pour fabriquer leur coquille et qui assimilaient donc du carbone minéral ancien via le carbonate de calcium ingéré. Par conséquent, les âges obtenus, comparés à du charbon, étaient systématiquement plus vieux de 500 à 2 500 ans sans qu'on puisse en tirer quoi que ce soit. Au début des années 2000, des collègues américains se sont plutôt focalisés sur des petites espèces qui nécessitent moins de calcium et le trouvent donc quasi-intégralement dans leur alimentation ; ils ont ainsi trouvé

des décalages de quelques centaines d'années seulement, ce qui était mieux. Cette méthode est encore beaucoup utilisée. Quant à nous, nous avons décidé d'utiliser non pas les vers de terre eux-mêmes dont il ne reste rien mais les petits granules calcitiques qu'ils – principalement les lombrics – produisent parce qu'on en trouve en quantité dans les séquences de lœss. Il s'agit pour le ver de terre de rejeter le calcium qui lui est létal car, contrairement à l'escargot, il n'assimile pas le calcium. Ce dernier part dans son tube digestif et précipite avec le CO<sub>2</sub> de la respiration et de l'alimentation dans des glandes qui, une fois pleines, rejettent ces granules. En creusant la littérature, on a trouvé quelques essais dans les années 1980 puis 2000. Nous avons donc commencé à essayer de faire des datations sur ces petits granules qui font entre 100 microns et 1,5 mm de diamètre. On s'est rendu compte qu'on arrivait à obtenir des datations qui, quand elles étaient prises dans des sols particuliers, correspondaient systématiquement à des interstades enregistrés dans les carottes de glace du Groenland. Cela nous a confirmé qu'on avait là un support de datation très fiable. Mais attention, cette méthode marche uniquement dans les sols bruns et hydromorphes des lœss, où les vers sont confinés en surface par le pergélisol, et loin de la surface actuelle. Il ne faut donc surtout pas essayer de dater des séquences holocènes ou tardiglaciaires avec ce support car les vers de terre concernés peuvent hiberner assez profondément l'hiver, au risque de contaminer les strates proches de la surface avec des granules beaucoup plus récents.

gh30 - 10h  
implications paléoenvironnementales & biogéographiques de la malacologie quaternaire à haute-résolution

de la Bretagne jusqu'à l'oural : Grand Terrain de Jeu!

on nous retrouve partout...

on oublie, trop vieux ...

à partir de la zone alsacienne et de la vallée du Rhin, on retrouve des malacofaunes

Hew! Hahu!

J'ai mis toutes les données malacologiques dans le même sac

Site de Renancourt  
Vous verrez, c'est très sympa, c'est orienté nord-est!

augmentation de l'abondance

abondance de Pupilla alpicola

on a réussi à montrer des successions d'espèces qu'on corrèle avec les phases de développement d'un inter-stade

Conclusions sur la sensibilité des mollusques

Haute Résolution : échantillonnage & temporel (200 ans par échantillon sur Renancourt)

# LA MALACOLOGIE EN CONTEXTE ARCHÉOLOGIQUE

## Aperçu des possibilités analytiques à différentes échelles de temps et d'espace

**Salomé GRANAI** – GéoArchéon (GéoArchPal) et Laboratoire de Géographie Physique – environnements quaternaires et actuels (UMR 8591, CNRS/UP1/UPEC)



Au cours des dix dernières années, dans le nord de la France, de nombreuses données malacologiques ont été recueillies sur des sites archéologiques datant des douze derniers millénaires. Qu'apporte l'analyse malacologique dans ces contextes archéologiques ?

À l'échelle micro-locale d'une structure archéologique, à l'échelle locale d'un site, mais aussi à l'échelle micro-régionale ou régionale ? Les différentes possibilités analytiques offertes à ces différentes échelles de reconstruction paléoenvironnementale sont abordées ici à travers différents exemples.

### LES MESSAGES CLÉS

- 🗣️ **L'analyse malacologique des structures archéologiques et des séquences sédimentaires naturelles fournit des informations sur les caractéristiques environnementales d'un site et leur évolution dans le temps.**
- 🗣️ **La malacostratigraphie offre des arguments de datation.**
- 🗣️ **La répétition d'observations dans un cadre chronologique commun permet de proposer des bilans régionaux des dynamiques paléoenvironnementales.**
- 🗣️ **Les variations spatiales pour une période donnée permettent d'appréhender la diversité des paysages au sein d'un territoire.**

## LA PALÉOMALACOLOGIE EN ARCHÉOLOGIE : INTÉRÊT ET MÉTHODES

Sur les sites archéologiques, la présence de coquilles peut résulter d'une sélection humaine (consommation alimentaire, objets de parure...) ou constituer des archives biologiques naturelles dans les sols. L'archéomalacologie étudie les coquilles comme matériel archéologique pour en faire une interprétation anthropologique alors que le

paléomalacologue s'appuie sur les coquilles comme restes naturels pour en déduire des paramètres environnementaux : humidité, structuration de la végétation, climat... En France, plus de 2000 interventions archéologiques sont prescrites par les services de l'État tous les ans. Cependant, la plupart de ces opérations consistent en des diagnostics, ouvrant 10 % des surfaces concernées par les projets d'excavation, et les paléoenvironnementalistes, tels que les paléomalacologues, n'ont pas accès à ces terrains, sauf si leur travail est bénévole ou entrepris dans

le cadre d'un projet de recherche financé de manière indépendante. Seules les fouilles donnent donc généralement lieu à une étude paléomalacologique, à condition qu'un volet paléoenvironnement ait été planifié en amont de l'intervention de terrain.

Le paléomalacologue est rarement le seul paléoenvironnementaliste à être sollicité sur un site. Les disciplines les plus mobilisées dans ce champ sont la carpologie (étude des macro-restes végétaux telles que les graines), l'anthracologie (étude des charbons de bois) et la palynologie (étude des

pollens). Ces trois disciplines permettent de fournir des informations sur la végétation, très utiles au malacologue. Si les restes de graines et de bois carbonisés résultent souvent d'une sélection humaine (céréales cultivées, bois de chauffage...), les pollens et les mollusques constituent des archives naturelles complémentaires pour restituer les paléoenvironnements. Alors que les pollens permettent de restituer une image environnementale micro-régionale, du fait du transport des pollens sur parfois de grandes distances, les mollusques ont l'avantage de constituer un indicateur plus local, permettant de spatialiser l'information paléoenvironnementale restituée en botanique. En outre, les coquilles de mollusques ont la particularité de pouvoir très bien se conserver dans la plupart des dépôts sédimentaires, mis à part en contexte acide.

Pour réaliser une étude valable scientifiquement, plusieurs prérequis méthodologiques sont indispensables en paléomalacologie. L'analyse

doit s'appuyer sur une étude quantitative des restes malacologiques. Concrètement, les prélèvements effectués sur les fouilles sont tamisés à l'eau avec une maille minimale de 500 microns, puis, après un tri des refus de tamis à la loupe binoculaire, le nombre minimum d'individus par espèce est comptabilisé pour chaque échantillon. L'analyse quantitative est rendue possible à partir d'un minimum de 150 à 200 individus par échantillon. Le protocole détaillé ayant donné lieu à l'établissement de ce seuil est développé par Evans (1972). Sur la base de ces données, les fréquences de chaque espèce dans chaque échantillon sont ensuite calculées puis figurées par un diagramme des fréquences spécifiques (Figure 1). Sur les séquences glaciaires, où la diversité est moindre et où les variations d'abondance sont significatives pour déterminer des phases climatiques plus clémentes, des diagrammes d'abondances sont souvent présentés en complément (e.g. Moine *et al.*, 2011). Pour compléter cette analyse

par espèce et rendre plus lisible l'interprétation paléoenvironnementale des données, les taxons peuvent être classés en différents groupes écologiques. Cette classification s'appuie sur les préférences environnementales des espèces telles que décrites dans les ouvrages de référence des régions étudiées. Dans le nord de la France, la classification détaillée de Puisségur (1976) sur les faunes de Bourgogne est classiquement utilisée ou la classification simplifiée utilisée par Granai (2014) sur les faunes du bassin de la Seine.

Pour illustrer les possibilités analytiques offertes par la paléomalacologie en contexte archéologique, des exemples extraits de sites holocènes (i.e. des 12 derniers millénaires) seront développés ici à différentes échelles spatiales, de la structure archéologique sur un unique site à l'échelle d'une région tout entière.

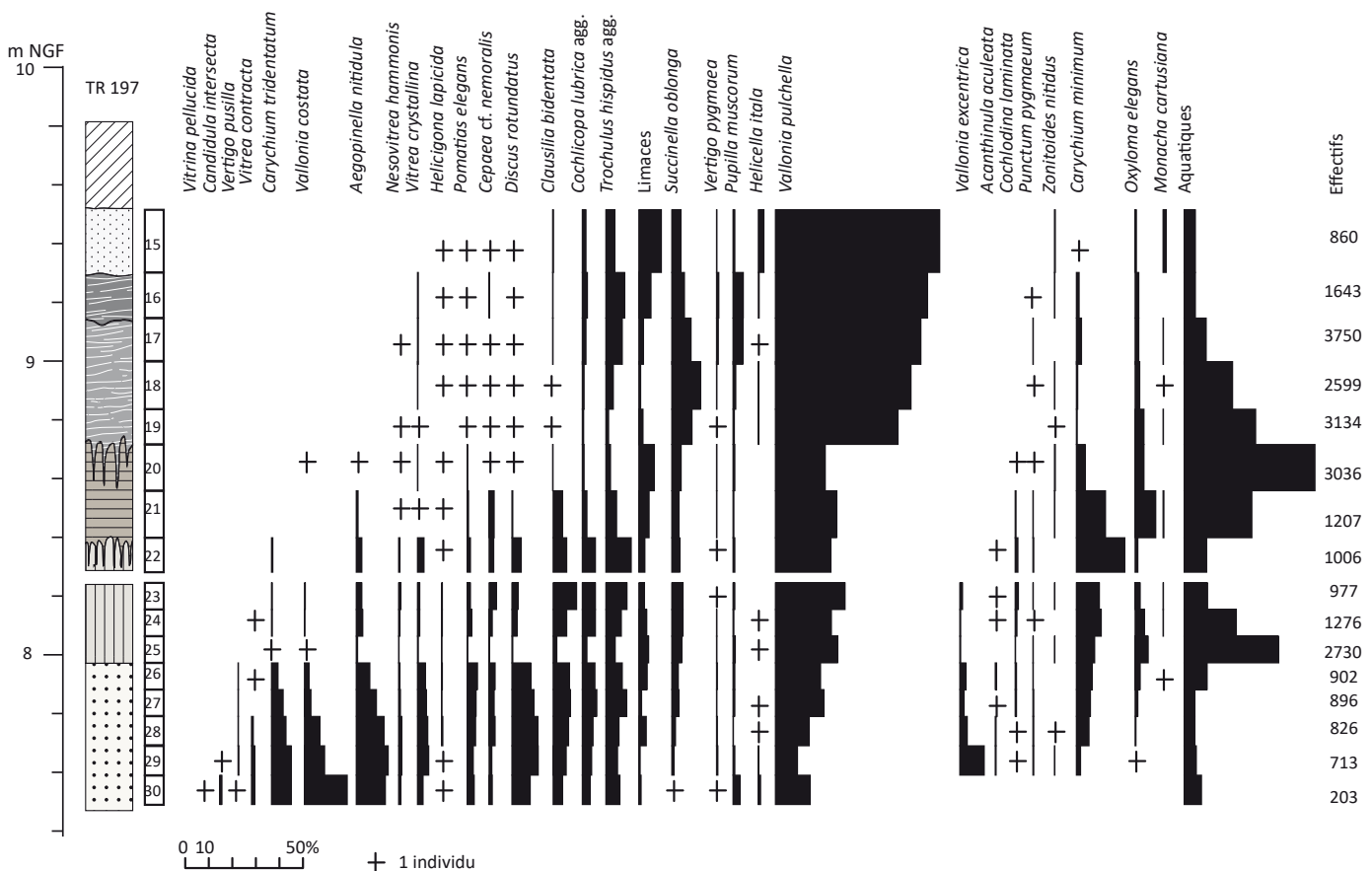


FIGURE 1 : Diagramme des fréquences spécifiques des mollusques retrouvés sur la séquence du log 197 de Porte-Joie, dans l'Eure (Granai, 2014).



## L'ÉTAT FONCTIONNEL DES STRUCTURES ARCHÉOLOGIQUES

Les analyses malacologiques réalisées au sein de structures archéologiques permettent de participer à la compréhension du fonctionnement de ces constructions.

Dans l'enceinte du sanctuaire antique de Saint-Martin-au-Val, en Eure-et-Loir, un bassin d'une fontaine monumentale a livré des coquilles sous les restes calcinés de son ancienne charpente en bois. Les archéologues ont fait appel à la paléomalacologie pour tenter de déterminer l'état fonctionnel du bassin au moment de l'incendie. L'incendie a-t-il eu lieu lorsque le temple était encore actif ou fait-il partie d'une dynamique d'abandon ultérieure ? Au vu des fréquences exceptionnelles d'*Acroloxus lacustris* et de *Segmentina nitida* observées dans le bassin, espèces fréquemment associées à des végétaux flottants, l'hypothèse a été émise que le bassin avait déjà été abandonné et colonisé par de la végétation de type lentilles d'eau avant l'incendie (Granai, 2021a).

Dans les départements de la Marne et de l'Aube, de nombreuses fosses datées du Mésolithique (i.e. entre 10 000 et 5 000 ans av. J.-C.), ont été retrouvées ces dix dernières années. La fonction de ces structures questionne encore la communauté scientifique aujourd'hui. S'agissait-il de puits, de fosses de chasse, de fosses de stockage ou de production ? Les analyses paléomalacologiques réalisées dans ces fosses ont permis d'apporter des éléments de réflexion sur leur fonctionnement, en particulier à Recy, dans la Marne, où plus d'une trentaine de fosses ont été analysées (Granai & Achard-Corompt, 2017). L'absence de mollusques aquatiques et de traces de feu sur les coquilles a permis d'écarter l'hypothèse de puits et de fosses de production utilisant le feu. Toutes les fosses ont été creusées en contexte forestier. Par ailleurs, certaines fosses contiennent très peu de coquilles en leur fond, ce qui induit une fermeture en surface ayant empêché la colonisation par les malacofaunes du milieu rive-

rain. D'autres fosses contiennent, à contrario, des abondances exceptionnelles en restes malacologiques, en particulier dans la fine couche de leur fond. Dans ces fosses, un apport de litière forestière pour tapisser le fond a été envisagé par le paléomalacologue, hypothèse ensuite confirmée par la micromorphologie par l'observation de préparations de terres travaillées déposées sur les bords de ces structures, comme observés plus communément dans les silos datés des âges des métaux. Que ces fosses soient donc pauvres ou riches en restes malacologiques, leur fonctionnement semble lié à la création d'un espace clos en surface et aux interactions avec le sédiment encaissant limité par une préparation déposée sur les bords.

## LA DATATION DES ÉTABLISSEMENTS HUMAINS ET LA SUCCESSION DES PALÉOENVIRONNEMENTS SUR UN SITE

Avec le renfort de la biostratigraphie, l'analyse malacologique peut évaluer la datation d'une structure archéologique. Ainsi, sur un autre site à fosses mésolithiques, toujours en Champagne, à Reims, les relevés malacologiques ont montré que des fosses renfermaient des assemblages malacologiques très différents alors qu'elles n'étaient distantes seulement que d'une dizaine de mètres (Figure 2). Dans certaines, la part d'espèces forestières était beaucoup plus importante que dans d'autres. Par exemple, concernant le genre *Discus*, on observait dans certaines fosses uniquement *Discus ruderatus*, et dans d'autres uniquement *Discus rotundatus*. Or des études antérieures ont montré une succession de ces deux espèces au début de l'Holocène : d'abord seule, *Discus ruderatus* est ensuite rejointe par *Discus rotundatus* puis disparaît tandis que *Discus rotundatus* demeure (Limondin-Lozouet, 2011). Sur ce site sans stratification natu-

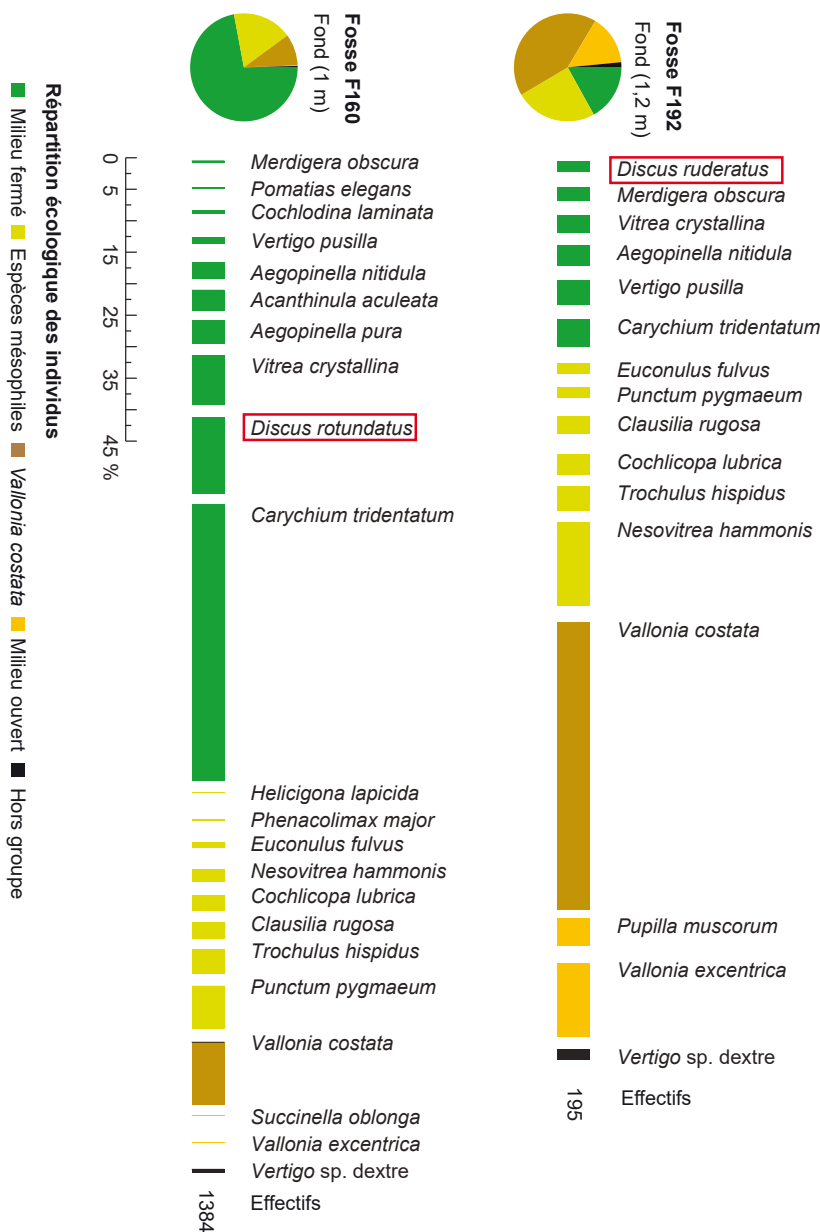
relle, où toutes les structures apparaissent au même niveau topographique, la malacologie a donc permis de montrer que certaines fosses étaient plus anciennes que d'autres et que ce site avait donc connu deux occupations mésolithiques séparées de plusieurs siècles. Or, sur le plan archéologique, aucun élément culturel n'aurait permis de soulever cette hypothèse, en l'absence de vestiges caractéristiques de ces périodes.

Que cela soit à partir de l'étude de structures archéologiques de différentes périodes ou à partir de l'analyse de séquences stratigraphiques « naturelles », la paléomalacologie fournit des éléments de compréhension de la succession des paléoenvironnements sur un site à travers le temps (Figure 1). Par exemple, à Porte-Joie, dans l'Eure, trois grandes phases environnementales ont été identifiées durant l'Holocène : une phase semi-forestière correspondant au début de l'Holocène, une phase d'ouverture et d'humidification du milieu au milieu de l'Holocène et une dernière phase correspondant à l'installation durable d'un milieu ouvert de type prairie pâturée prévalant depuis 1300 av. J.-C. (Riche et al., 2014).

## DYNAMIQUES ENVIRONNEMENTALES RÉGIONALES ET VARIABILITÉ SPATIALE AU SEIN DES TERRITOIRES

En multipliant les points d'observation et en notant une trajectoire environnementale similaire dans un cadre chronologique commun, la malacologie peut fournir des informations sur la dynamique des paléoenvironnements à l'échelle régionale.

Ce travail de longue haleine consiste à collecter les données site à site puis de procéder à une analyse statistique permettant d'évaluer si la succession des environnements suit des développements communs au cours du temps au sein d'une région. Ce tra-



**FIGURE 2 :** Données malacologiques de deux structures mésolithiques du site de Reims « 53ter rue de Louvois » montrant des compositions écologiques et spécifiques différentes, attestant de l'existence de deux phases d'occupation éloignées de plusieurs siècles.

vail effectué par exemple en région champenoise a montré que les sites d'une même période sont corrélés de manière relativement homogène à des grands types de milieu décrits par les malacofaunes (Granai, 2021b). Ainsi, les sites datant entre 9200 et 7600 av. J.-C. correspondent à des milieux semi-fermés, l'ombrage se densifie entre 7600 et 4300 av. J.-C., des premières actions d'ouverture des milieux sont enregistrées entre 4300 et 1600 av. J.-C. et les milieux apparaissent radicalement ouverts

après 1300 av. J.-C. (Figure 3). Il s'agit là d'un scénario général, qui révèle une trajectoire commune des dynamiques paysagères sur le temps long. La même succession paléoenvironnementale a été mise au jour dans les grandes plaines du bassin de la Seine (Granai & Limondin-Lozouet, 2018).

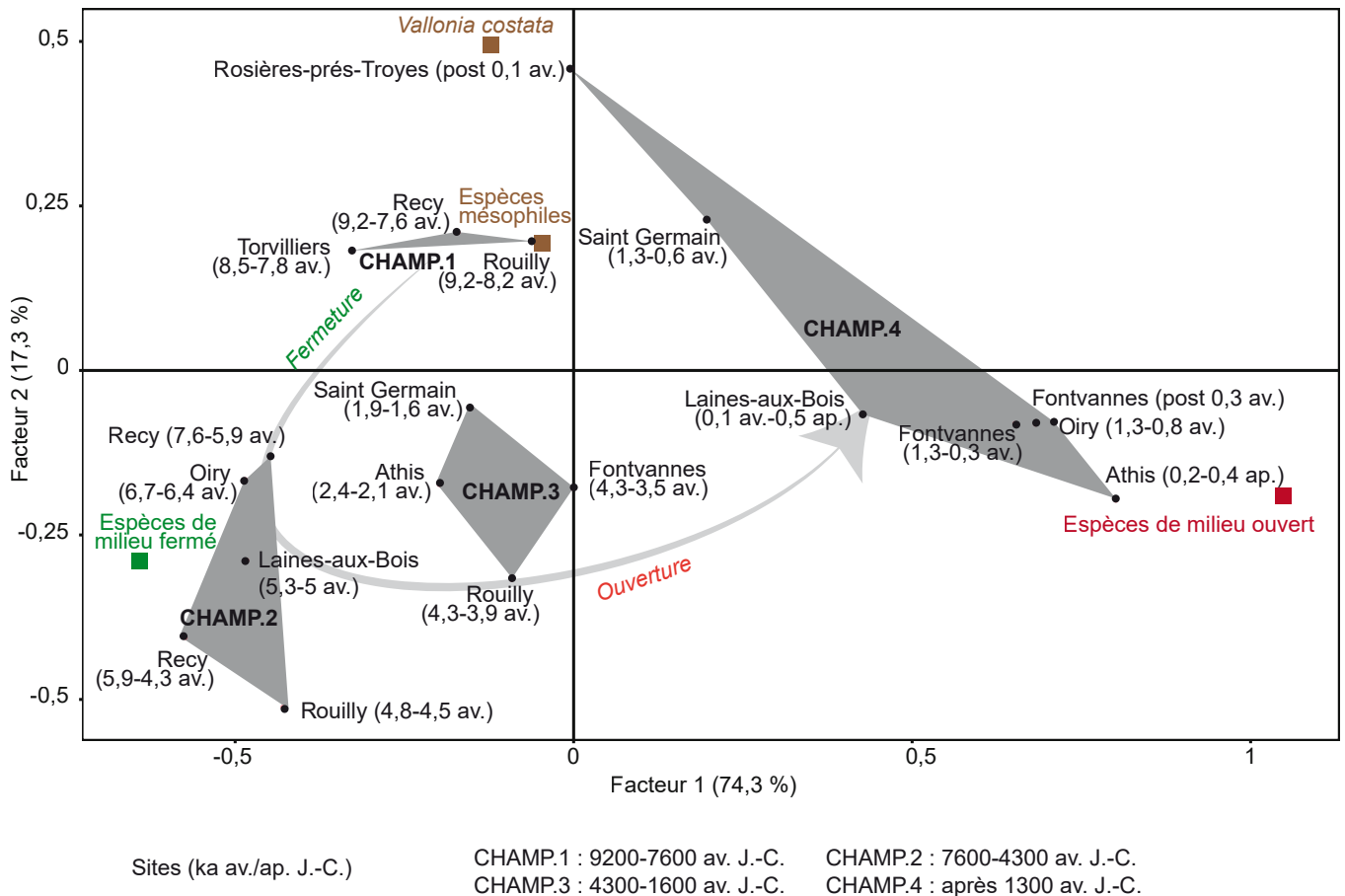
Cependant, il existe bien évidemment des exceptions à ces modèles régionaux. À Passel, dans l'Oise, il a été fait appel à la paléomalacologie sur le site d'une enceinte néolithique

de 5 ha où la base des poteaux de la palissade avait été préservée et où la dendrochronologie avait révélé que des centaines de chênes avaient été coupés en trois ans, entre 3898 et 3895 av. J.-C., pour édifier la palissade. Pour les archéologues, cette enceinte monumentale représentait un marqueur territorial important, forcément visible de loin.

Or l'analyse d'une séquence naturelle de tuf a montré que ce site se situait en réalité à l'époque dans un environnement de forêt profonde (Granai et al., 2020). Sur le site de Choisy-au-Bac, toujours dans l'Oise, des vestiges attestent d'une occupation datant de la même période qu'à Passel, situé à une vingtaine de kilomètres. Cette occupation ne se manifeste néanmoins que par des vestiges erratiques dispersés en stratigraphie et quelques zones de combustion de type foyer. Les analyses paléomalacologiques ont révélé l'installation des populations néolithiques au sein d'un milieu ouvert et humide. Cet espace, sans véritable site archéologique structuré, s'avère affecté par des visites répétées pendant des siècles pour un usage pastoral ou pour l'exploitation des zones humides.

À l'inverse, d'après le mobilier archéologique, le site de Passel n'a été occupé que pendant quelques générations puis abandonné. Sur ce site, l'impact anthropique a été trop court pour s'inscrire dans la durée sur les paysages et la forêt s'est maintenue tardivement, avant des défrichements à la fin de l'âge du Bronze et à l'âge du Fer. Ces deux sites, Passel et Choisy-au-Bac, s'avèrent donc complémentaires dans notre compréhension des territoires.

La malacologie en contexte archéologique fournit donc des informations sur le fonctionnement des structures archéologiques ; elle offre des propositions de datation grâce à la biostratigraphie ; elle permet de spatialiser l'information paléoenvironnementale à l'échelle d'un site, d'une micro-région ou d'une région et de créer des bilans régionaux des dynamiques paléoenvironnementales en lien avec le climat et l'anthropisation des milieux.



**FIGURE 3** : Analyse factorielle des correspondances témoignant du groupement dans un même nuage de points des données malacologiques datant de la même période dans la région champenoise (Granai, 2021b).

## RÉFÉRENCES

- Evans J.G., 1972. *Land snails in Archaeology*. London, Seminar Press.
- Granai S., 2014. *L'anthropisation des milieux du Néolithique à l'âge du Fer dans le bassin de la Seine enregistrée par les malacofaunes continentales*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4085.1685>
- Granai S., 2021a. Étude malacologique. In B. Bazin, E. Bouilly, S. Papaïan, M. Toriti (dir.), *Le complexe culturel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val*. Rapport annuel de fouilles archéologiques programmées triennales 2019-2021, Ville de Chartres, 239-244. <https://www.calameo.com/read/00008568306c6aa8678ed>
- Granai S., 2021b. Récentes investigations malacologiques holocènes en Champagne (France) : repères malacostratigraphiques, remarques biogéographiques et anthropisation des versants. *Quaternaire*, 32 (1), 11-27.
- Granai S., Achard-Corompt N., 2017. Environnement, datation et fonctionnement des fosses mésolithiques de Recy – Saint-Martin-sur-le-Pré « le Mont Grenier – Parc de Référence » (Marne). Les réponses des malacofaunes continentales. In N. Achard-Corompt, E. Ghesquière, V. Riquier (dir.), *Creuser au Mésolithique*. Actes de la séance de la Société préhistorique française de Châlons-en-Champagne (29-30 mars 2016). Paris, Société préhistorique française (Séances 12), 69-86.
- Granai S., Limondin-Lozouet N., 2018. The Holocene expansion of grassland in northern Europe reconstructed from molluscan assemblages. *Boreas*, 47 (3), 768-779.
- Granai S., Coutard S., Cayol N., Boulen M., 2020. *The role of the duration and recurrence of settlements in our perception of human impact on the environment: an example from Northern France*. In C. Kuzucuoğlu, Z. Tsirtsoni, O. Weller, P. Nondédéo (dir.), *Different times? Archaeological and environmental data from intra-site and off-site sequences*. Oxford, Archaeopress, Proceedings of the XVIII<sup>e</sup> world UISPP congress (Paris, 4-9 juin 2018), 10-27.
- Limondin-Lozouet N., 2011. Successions malacologiques à la charnière Glaciaire/Interglaciaire : du modèle Tardiglaciaire-Holocène aux transitions du Pléistocène. *Quaternaire*, 22 (3), 211-220.

– Moine O., Antoine P., Deschodt L., Sellier-Segard N., 2011. Enregistrements malacologiques à haute résolution dans les lœss et les gleys de toundra du Pléniglaciaire weichselien supérieur : premiers exemples du nord de la France. *Quaternaire*, 22 (4), 307-325.

– Puissegur J.-J., 1976. *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. Paris, Doin, Mémoires Géologiques de l'Université de Dijon (3).

– Riche C., Aoustin D., Béguier I., Chaussé C., Granai S., Leroyer C., Ravon E., 2014. *Approches paléoenvironnementales au stade du diagnostic. Une étude de cas à*

*Porte-Joie (Eure)*. In I. Sénépart, C. Billard, F. Bostyn, I. Praud, E. Thirault (dir.), *Méthodologie des recherches de terrain sur la Préhistoire récente en France. Nouveaux acquis, nouveaux outils, 1987-2012*. Toulouse, Éditions Archives d'Écologie Préhistorique, Actes des premières Rencontres Nord/Sud de Préhistoire récente (23-25 mai 2012, Marseille), 25-41.



## QUESTIONS-RÉPONSES

Guillaume DOUCET, CEN Bourgogne : **Toutes les espèces ont-elles la même capacité à être préservées dans le sédiment ? Se peut-il qu'on rate des espèces parce que leurs coquilles sont plus fragiles que d'autres, ce qui biaiserait nos visions par rapport à l'actuel ?**

R. A priori non. Même les espèces qui ont des coquilles plus fines se retrouvent aisément dans les assemblages. Il est toujours difficile de dire qu'absolument tout a été préservé mais on sait qu'il n'y a pas eu de dissolution chimique sur un site, sinon on n'y aurait plus aucune coquille ou, au mieux, les restes en calcite, comme les coquilles internes des limaces.

Lilian LÉONARD, PatriNat : **Lors des fouilles avec les pelles mécaniques et autres engins, peut-il arriver qu'il y ait des pollutions de la malacofaune actuelle sur ces ensembles paléo ?**

R. On a des orfèvres de la pelle mécanique ! Mais au-delà de ça, après les trous faits à la pelle pour les diagnostics, on creuse plus loin avec des binettes, des piochons, des bêches pour redresser les coupes et travailler en géomorphologie, on évite ainsi les sédiments touchés par la pelle en bord de tranchée, sur lesquelles on pourrait avoir ce type de pollutions. Sur les fouilles archéologiques, après l'ouverture de grandes surfaces à la pelle mécanique, on travaille soit sur les coupes, soit sur les structures, fouillées à la main, ce qui évite les pollutions. Les problèmes de pollution par des mollusques actuels ou même les pollutions

anciennes se voient bien en coupe. Par exemple, on peut trouver des faunes thermophiles dans du Tardiglaciaire : si un sol forestier se développe sur un sol qui ne l'était pas, l'activité biologique de la pousse des racines va mélanger les sédiments, mais cela se voit. C'est pourquoi il vaut mieux intervenir sur des coupes qu'en carottage, cela permet de voir les pollutions (un terrier, des racines...).

Claude BOUSCAILLOU, Bureau d'études Avis vert : **concernant l'exemple du bassin incendié, ne pourrait-on pas imaginer que, sur ce bassin peut-être très régulièrement entretenu, les lentilles d'eau puis les escargots soient arrivés après l'incendie ? Comment s'assurer que l'incendie est survenu bien après une utilisation ou pendant l'utilisation ?**

R. C'est aussi la stratigraphie du bassin qui nous le dit. Quand le bassin est entretenu, il n'y a pas de sédimentation dans le bassin. Le fait qu'on trouve de la sédimentation dans le bassin amène à penser qu'il y ait eu un abandon. On n'est jamais tout seul à affirmer, on donne des pistes, qui sont ensuite confirmées par d'autres moyens. Les archéologues peuvent faire appel par exemple à la micromorphologie (observation de l'organisation microscopique des sédiments en lame-mince) pour confirmer les hypothèses. Il n'est fait appel à cette méthode très onéreuse qu'en cas de questionnement précis.

10h-10h30 la malacologie en contexte archéologique

10h-10h30



la malacologie en contexte archéologique



J'ai trouvé le Graal !!!  
SITE POSITIF !!!

La paléomalaco, une discipline récente



interprétation écologique d'un matériel biologique

archéologie préventive



200 sites

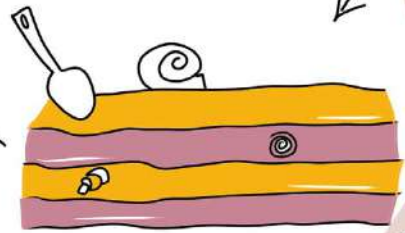
L'agent prescripteur doit être sensibilisé à toutes ces thématiques (donc c'est pas gagné)



T'as mis tes plus beaux vêtements aujourd'hui!



étude des assemblages quantifiés



200 individus! Trop content !!!

Discus Rotundatus



il ne reste plus que moi...



lentille d'eau

Fosses de stockage et beaucoup de mollusques forestiers à l'intérieur



sites affectés par des visites répétées pendant des siècles



Logique statistique dans le délire?



# RECONSTITUTION DES PRATIQUES AGROSYLVOPASTORALES ANCIENNES À PARTIR DE L'ANALYSE MALACOLOGIQUE

## Exemple du port lagunaire de *Lattara* (Lattes, Hérault), de l'époque romaine à la période moderne



**Clémence JOSEPH** – École Doctorale 60 « Territoires, Temps, Sociétés et Développement » & Équipe AMR, laboratoire ASM « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », UMR5140

**Sophie MARTIN** – INRAP & Équipe AMR, laboratoire ASM « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », UMR5140

**Benoît DEVILLERS** – Équipe AMR, laboratoire ASM « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », UMR5140

**Núria ROVIRA** – Équipe AMR, laboratoire ASM « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », UMR5140

Gaël PIQUÈS – CNRS & Équipe AMR, laboratoire ASM « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », UMR5140

Le comptoir de *Lattara*, fondé vers 500 avant notre ère (av. n. è.), est situé à l'embouchure du système fluvial du Lez, à l'emplacement actuel de la ville de Lattes (Hérault), et aux abords directs d'une lagune. Cette situation stratégique offre à la ville un accès maritime et fluvial qui lui assure, dès l'âge du Fer, le statut de port de grande importance.

À partir de 2016, la reprise des fouilles archéologiques de la zone portuaire a offert l'opportunité de développer un important volet paléoenvironnemental, dans un secteur à l'extérieur de la zone urbaine enclose, plus favorable à la conservation de séquences sédimentaires naturelles et anthropiques. L'analyse malacologique s'est avérée particulièrement pertinente pour caractériser les apports du fleuve et de la lagune dans le canal et l'évolution de la végétation locale en fonction des différentes activités humaines entre le III<sup>e</sup> s. av. n. è. et le XVII<sup>e</sup> s.

### LES MESSAGES CLÉS

- 🗨️ Les échantillons prélevés dans 26 unités stratigraphiques ont livré plus de 112 000 coquilles représentant 90 taxons.
- 🗨️ L'abondance des assemblages malacologiques caractérisant des milieux de prairies plaide en faveur de pratiques pastorales. Cette hypothèse semble étayée par la présence de spores de champignons coprophiles stricts (Kmieciak S., 2023) liés à la présence de déjections d'herbivores aux abords du chenal.

## CONTEXTE ARCHÉOLOGIQUE

Dans les vallées alluviales du bas Languedoc telle que celle du Lez, à partir du Néolithique, les constructions deltaïques sont à l'origine d'un exhaussement des planchers alluviaux et d'une extension des territoires disponibles pour le pastoralisme et les autres activités anthropiques, au détriment des espaces palustres et lagunaires, modifiant le paysage et la manière dont les populations l'occupent. Lors de sa fondation, vers 500 av. n. è., le site protohistorique de *Lattara* prend place sur un cône deltaïque formé par les apports alluvionnaires du Lez, à la confluence avec le système lagunaire proche. Par la suite, des lobes deltaïques successifs se mettent en place par l'ouest, menant à l'atterrissement progressif d'une zone de plus en plus étendue autour de la ville enclose.



**FIGURE 1 :** Carte (Paléotopographie de la basse-vallée du Lez, Lattara, VI-Vème s. av. n. è., d'après Gailledrat et Vacheret 2020).

Si le site a été fouillé dès les années 1970 par un groupe d'archéologues amateurs (Groupe d'Archéologie Painlevé), et notamment H. Prades. Il a fallu attendre les années 1980 pour que des fouilles extensives,

s'étendant sur plusieurs dizaines d'années, soient menées. Plusieurs programmes de recherche se sont succédés et se poursuivent aujourd'hui. Le site archéologique se caractérise par une ville enclose fondée en 500 av. n. è., un cône deltaïque du Lez, qui connaît une occupation assidue jusqu'au II<sup>ème</sup> s. de n. è. Le secteur du site étudié correspond à une zone portuaire romaine, connue grâce des sondages depuis les années 1960 et fouillée depuis 2016, sous la direction de G. Piquès (ASM UMR5140).

La fouille de cette zone portuaire a mis en évidence la présence d'un canal qui a connu plusieurs phases d'occupation :

- Fin III<sup>ème</sup> s. av. n. è. – troisième quart du I<sup>er</sup> s. av. n. è. : À l'emplacement d'un ancien paléo-chenal, un nouveau canal est surcreusé et aménagé (rampes, murs, etc) : il est alors large de 22 m, avec un tirant d'eau d'environ 3 m de hauteur.
- Fin du I<sup>er</sup> s. av. n. è – II<sup>ème</sup> s. de n. è. : Au cours de cette phase, des réaménagements successifs sont effectués et le nouveau canal, d'une largeur moindre (15 m) voit sa hauteur d'eau diminuer de 2 m à 1,5 m, puis 50 cm à l'extrême fin de la phase, laissant le passage aux seules embarcations à fond plat. Cette phase d'occupation est également caractérisée par l'abondance des rejets anthropiques dans le canal. Cependant, il demeure entretenu, comme en témoigne le hiatus sédimentaire dû à des curages.
- À partir des III-IV<sup>e</sup>, le canal connaît une phase d'abandon et de comblement naturel. Plus tard, au IX<sup>e</sup> siècle, une roubine est recréusée dans la dépression qui subsistait à l'emplacement du canal.

Pour restituer l'environnement du port et son évolution, des études archéobotaniques (carpologiques, anthracologiques, xylologiques et palynologiques) ont été entreprises. L'étude malacologique s'inscrit dans cette dynamique de caractérisation des environnements aquatiques et

végétaux. Plusieurs questions étaient posées : quelle est l'évolution des milieux végétaux et aquatiques de la zone depuis période romaine ? Est-il possible de percevoir une différence d'occupation anthropique entre les deux rives du canal ? Comment la malacologie peut-elle caractériser les activités anthropiques qui prennent place sur ses abords ? Enfin, quelle est l'influence de la lagune toute proche au sein du milieu fluvial du canal ?

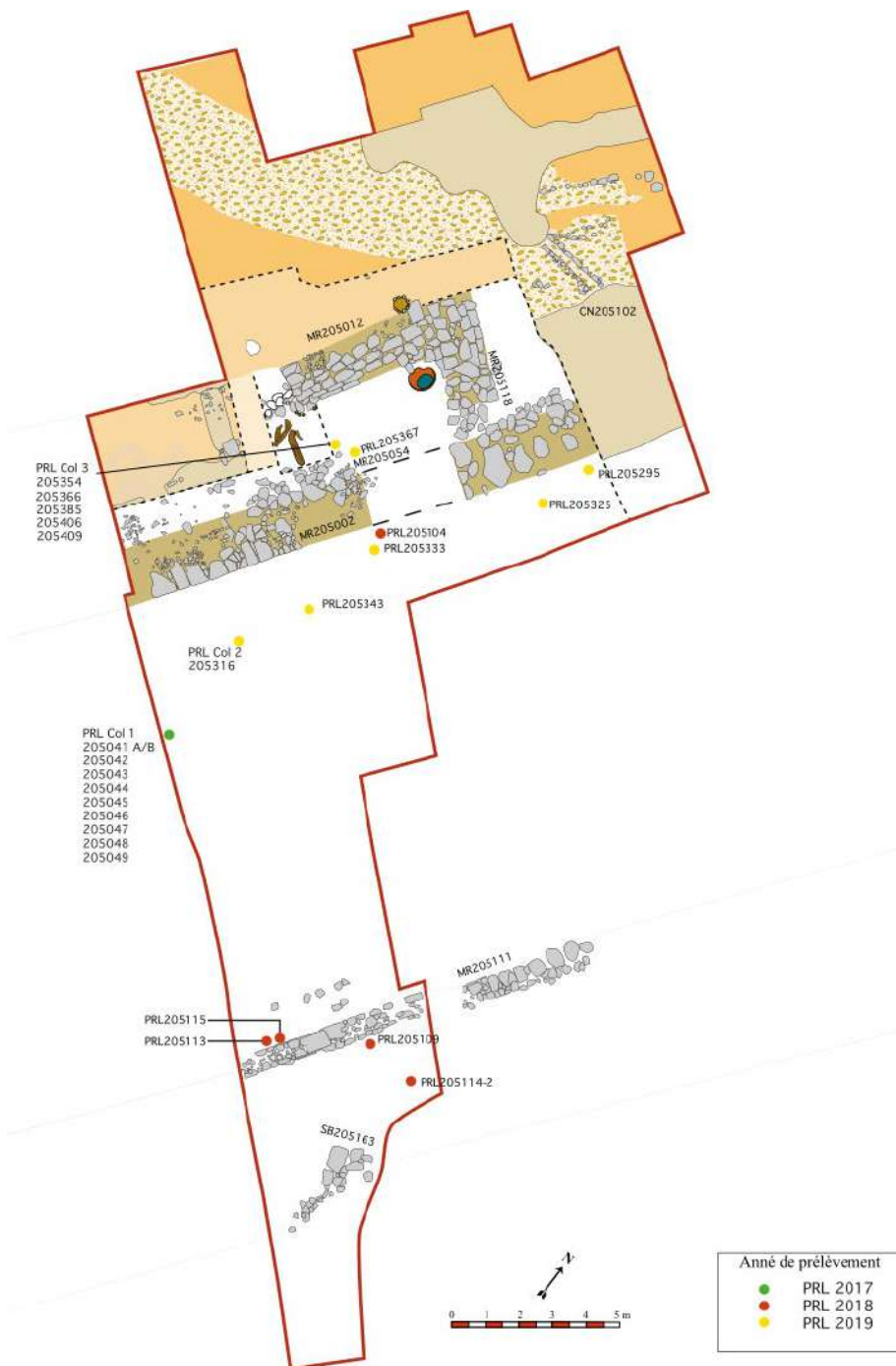
## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les coupes relevées lors de la fouille correspondent à une succession de « couches » appelées unités stratigraphiques (US), dans lesquelles les prélèvements sont effectués. L'échantillon le plus anciennement daté correspond au III<sup>e</sup> s. av. n. è., et le plus récent du XVII<sup>e</sup> s.

Au total, 26 unités stratigraphiques ont été échantillonnées pour l'analyse malacologique. Chaque prélèvement correspond à 10 litres de sédiments, prélevés en motte et en colonne stratigraphique dès que possible. Ces sédiments sont ensuite tamisés à l'eau sur une colonne de tamis, avec une maille minimale de 0,5 mm.

## RÉSULTATS

Les 26 échantillons étudiés ont livré plus de 112 000 coquilles, réparties en 90 taxons. Dans la mesure où les échantillons ont été prélevés dans le canal et ses alentours immédiats, la malacofaune est logiquement dominée par les espèces aquatiques d'eau douce (57 % de l'effectif total, 25 taxons). 10 taxons aquatiques laguno-marins sont également identifiés, mais ne représentent que 2 % de l'effectif total. Enfin, les espèces terrestres comptent 55 taxons, pour 41 % des effectifs. L'abondance moyenne par échantillons est supérieure à 4000 individus, malgré des variations importantes au sein des échantillons, du fait notamment des contextes de dépôts et de la vitesse de sédimentation. Le contexte aquatique, favorisant les populations abondantes peut expliquer cette abondance moyenne



**FIGURE 2 :** Distribution spatiale des échantillons étudiés par la malacologie (d'après Piquès dir. 2019).

élevée. La richesse taxinomique peut quant à elle s'expliquer par l'hétérogénéité spatiales enregistrée par les malacofaunes, dans ce contexte de confluence entre le canal, les berges, ses abords et la lagune.

La prépondérance de la malacofaune aquatique traduit la présence d'eaux à faible hydrodynamisme dans le canal. Par la suite, les échantillons de la roubine témoignent dans une première phase (vers le IX<sup>ème</sup> s.) d'eaux plus courantes que dans le canal, puis

dans une seconde phase (XV-XVII<sup>ème</sup> s.) d'eaux stagnantes intermittentes. Cette seconde phase correspondrait à une phase de comblement partiel de la roubine, associée à une submersion intermittente, peut-être saisonnière.

Les taxons laguno-marins sont attestés tout le long de la séquence, en abondances variées, et posent la question de l'influence de la lagune dans le milieu du canal. Les taxons de la catégorie « milieux à salinité variable », très adaptables, n'ont pas

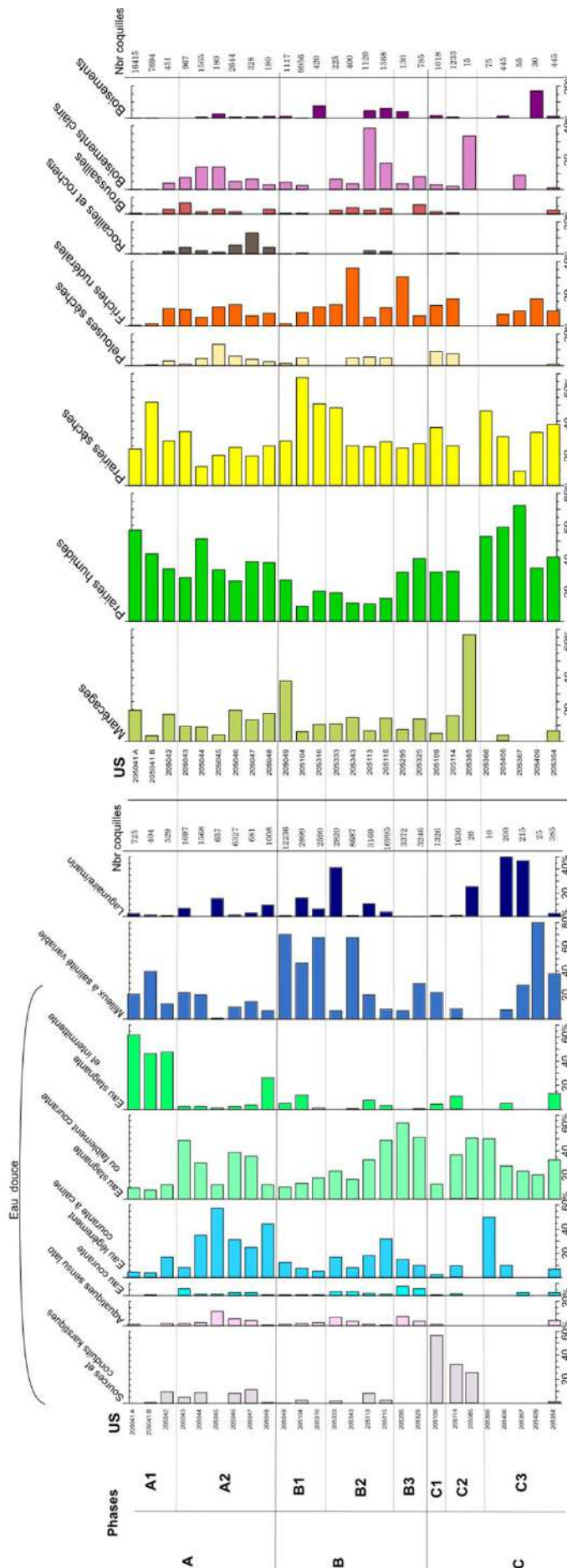
encore permis une analyse fine des données en termes de salinité mais seront aussi pris en compte dans l'analyse, de même que les analyses ostracologiques et malacologiques en cours portant sur des carottages prélevés sur le site. Il est toutefois intéressant de noter, pour cette première exploration, la présence relativement abondante de l'espèce *Myosotella myosotis*, une espèce semi-aquatique, vivant souvent sur les herbacées des milieux salés (prés salés...).

L'apport de la malacologie réside également dans la reconstitution des couverts végétaux locaux, et la caractérisation des pratiques agrosylvopastorales en lien avec les données archéologiques. En effet, dans les zones méditerranéennes, depuis le Néolithique, la diversité des assemblages de mollusques est principalement fonction des modes d'occupation du sol par les populations humaines (Magnin et al. 1995, Magnin et Martin 2006, 2004).

Sur le site de Lattara, les milieux végétaux reconstitués à partir des données malacologiques mettent en évidence, sur l'ensemble de la séquence, la prédominance des milieux ouverts. La quasi-absence de milieux arborés, associée à la prédominance des milieux herbacés, témoigne de la forte influence des activités humaines aux abords du chenal. Cependant, quelques échantillons présentent une augmentation du couvert ligneux qui met en évidence des périodes de déprise anthropique. C'est le cas vers la fin du I<sup>er</sup> s., sur la rive gauche du canal. Grâce aux autres données archéobotaniques disponibles, cet épisode a été identifié comme le développement d'une ripisylve, ce que confirment les données archéobotaniques disponibles. Cette reprise des boisements s'expliquerait par le relatif abandon de la rive gauche et de la concentration des activités anthropiques sur la rive droite, bien marquée par l'archéologie.

Les assemblages malacologiques attestent de la prédominance locale d'une végétation de prairies, plutôt sèches. Le début de l'occupation semble caractérisé par des milieux de prairies plus humides, de même que les phases les plus récentes





**FIGURE 3 :** Synthèse des données malacologiques de la zone du chenal de *Lattara*, présentant l'évolution de la végétation et de l'environnement aquatique sur le site.

(abandon du canal et mise en place de la roubine). Lors de ces périodes, les milieux palustres, identifiés de manière diachronique, se développent également de manière plus importante. L'abondance de ces assemblages malacologiques de prairies plaide principalement en faveur de pratiques pastorales. En effet, le milieu naturel dans la vallée du Lez (Puertas 1998), étant la chênaie, le maintien de ces formations prairiales découle nécessairement d'une permanence des activités anthropiques locales (Magnin et Martin, 2006). Dans le cas contraire, le retour de formations plus fermées serait observé. Ces formations prairiales constituent un marqueur régional caractéristique des secteurs bordiers du fleuve Lez, toutes périodes confondues (Martin 2004, 2008, 2016). Cette hypothèse est confirmée, également, par les résultats de l'analyse des microfossiles non polliniques qui a mis en évidence la présence de champignons coprophiles strictes attestant la présence des déjections d'herbivores (Kmieciak 2023).

Les espèces issues de pelouses sèches ou de broussailles sont présents de manière discrète tandis que les espèces caractéristiques de milieux rudéro-culturaux sont présentes sur presque toute la séquence, bien qu'en diminution nette lors des de la dernière phase d'occupation. L'hypothèse de la présence de vergers ou de vignes aux abords du chenal, soutenue par les études carpologiques et xylogologiques, en raison de la présence de rejets anthropiques dans le chenal, a été discuté par l'analyse malacologique. En effet, les marqueurs des activités de culture sont perçus, que ce soit les espèces de pelouses sèches et de milieux rudéro-culturaux, et sont présentes dans presque toute la séquence. Elles sont perçues de manière plus discrète que les espèces de prairies, ainsi, étant donné la fine résolution spatiale des mollusques terrestres, il est possible que ces milieux s'établissent au voisinage des prairies pâturées.

Les formations prairiales identifiées à *Lattara* constituent un marqueur régional caractéristique des secteurs bordiers du fleuve Lez, toutes périodes confondues (Martin 2004,

2008, 2016) et mettent en évidence l'importance de l'agropastoralisme. En comparaison avec les autres études malacologiques des environs, des variations assez fortes sont toutefois observées dans la zone portuaire de Lattara. Elles témoignent d'une anthropisation locale plus forte du fait des activités portuaires et mettent en évidence l'influence plus marquée de la lagune dans le milieu fluvial du canal, de l'emplacement du port aux abords de la lagune.

## RÉFÉRENCES

- Bagan G., Gailledrat E., Jorda C., 2010. Approche historique de la géographie des comptoirs littoraux à l'Âge du Fer en Méditerranée occidentale à travers l'exemple du port de Lattara (Lattes, Hérault), *Quaternaire*, 21, (1), p. 85-100.
- Gailledrat E., Vacheret A., 2020. Lattes/Lattara (Hérault), comptoir étrusque du littoral languedocien, *Gallia*, 77-2, p. 1-32.
- Jorda C., Chabal L., Blanchemanche P., 2008. Lattara entre terres et eaux : paléogéographie et paléoboisements autour du port protohistorique, *Gallia*, 65, p. 11-21
- Kmiecik S., 2003. *Étude des microfossiles non-polliniques (MNP) du canal portuaire de Lattara (Lattes, Hérault) entre la fin de l'âge du Fer et la période tardo-républicaine (fin IIIe-lers. av. n. è.) : environnements et activités humaines.* Mémoire de Master I, Université Paul Valéry Montpellier 3.
- Joseph C., 2021. *L'environnement végétal et les activités anthropiques de Lattara (Lattes, Hérault) depuis l'époque romaine jusqu'à la période médiévale à partir de l'étude de la malacofaune du chenal (zone 205).* Mémoire de Master II, Université Paul Valéry-Montpellier 3.
- Magnin F., Martin S., 2006. *Gastéropodes terrestres et anthropisation : peut-on distinguer le signal anthropique du signal climatique à l'Holocène ? Exemples du domaine méditerranéen français*, in P. Allée et L. Lespez dir., *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement. Actes de la Table Ronde en l'honneur de R. Neboit-Guilhot*, Clermont-Ferrand, 25-27 mars 2004, Clermont-Ferrand, Presses Universitaires Blaise-Pascal, collection Nature et Société, 3, p. 285-290.
- Magnin F., Martin S., 2004. *Évolution climatique, impact anthropique et réponse des peuplements malacologiques holocènes. Proposition d'une méthode d'interprétation, Impact anthropique et évolution climatique de la fin du Néolithique à l'Antiquité.* Actes de colloque de Carcassonne, novembre 2000.
- Magnin F. et al., 1995. *Gastropod communities, vegetation dynamics and landscape changes along an old-fiel succession in Provence, France, Landscape and Urban Planning*, 31, p. 249-257.
- Martin S., 2004. *Caractérisation de l'anthropisation à l'Holocène en Provence et en Languedoc oriental, par les mollusques terrestres*, Thèse de doctorat, Université de Paris 1-Panthéon-Sorbonne, Paris, 429 p.
- Martin S., 2007. Comparaison des données malacologiques entre les sites de Port Ariane et La Céreirède (Lattes), *Lattara 20*, p. 170-175.
- Martin S., 2007. Comparaison des données malacologiques entre les sites de Port Ariane et La Céreirède (Lattes), *Lattara 20*, p. 170-175.
- Martin S., Jorda C., À paraître. *Évolution du paysage sur les berges du Verdanson de la fin du Pléistocène au Moyen Âge central, supplément à Archéologie du Midi Médiéval.*
- Martin S., 2017. L'analyse malacologique des fosses de plantations de vergers comme moyen d'étude du verger antique, *Revue archéologique de Narbonnaise*, supplément 45, p. 103-112.
- Martin S., Magnin F., 2013. Du paléoenvironnement au paléopaysage : peut-on reconstituer les paysages anciens et leur évolution à partir de données paléoécologiques ? Apports de l'analyse malacologique dans un paysage actuel méditerranéen (Sud-Est de la France), in D. Galop dir., *Paysages et Environnement. De la reconstitution du passé aux modèles prospectifs*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, p. 81-96.
- Piques G. dir., 2019. *La zone portuaire de Lattara (Lattes, Hérault)*, Rapport final d'opération, Lattes, 508 p.
- Piques G. dir., 2020. *La zone portuaire de Lattara (Lattes, Hérault)*, Rapport d'études 2020, Lattes, 264 p.
- Puertas O., 1998. *Palynologie dans le delta du Lez : contribution à l'histoire du paysage de Lattes*, Association pour la recherche archéologique en Languedoc Oriental, mélanges d'histoire et d'archéologie de Lattes, 11, 181 p.
- Rovira et al., 2023. *Environnements et activités humaines à Lattara (Hérault, France) entre la fin de l'Âge du Fer et le Haut-Empire romain (fin 3e siècle BCE-2e siècle CE) : premiers résultats archéologiques, géomorphologiques, archéobotaniques et malacologiques issus du canal de la zone portuaire (campagnes 2016-2020)*, Acte de colloques des 14<sup>ème</sup> Rencontres d'Archéobotaniques de Bruxelles, 13-16 octobre 2021.



## QUESTIONS-RÉPONSES

Sylvain VRIGNAUD, indépendant : **Comme on se trouve au niveau de l'embouchure du Lez, n'y a-t-il pas un risque de pollution par des coquilles en période de crue ?**

R. L'analyse malacologique se fait toujours en tenant compte de l'analyse géomorphologique, qui donne des informations sur la manière dont se sont déposés les sédiments. Par exemple, des espèces typiques des sources et des conduits karstiques semblent avoir été amenées par le Lez, fleuve karstique. Ces éventuelles pollutions sont prises en compte dans l'interprétation des données.

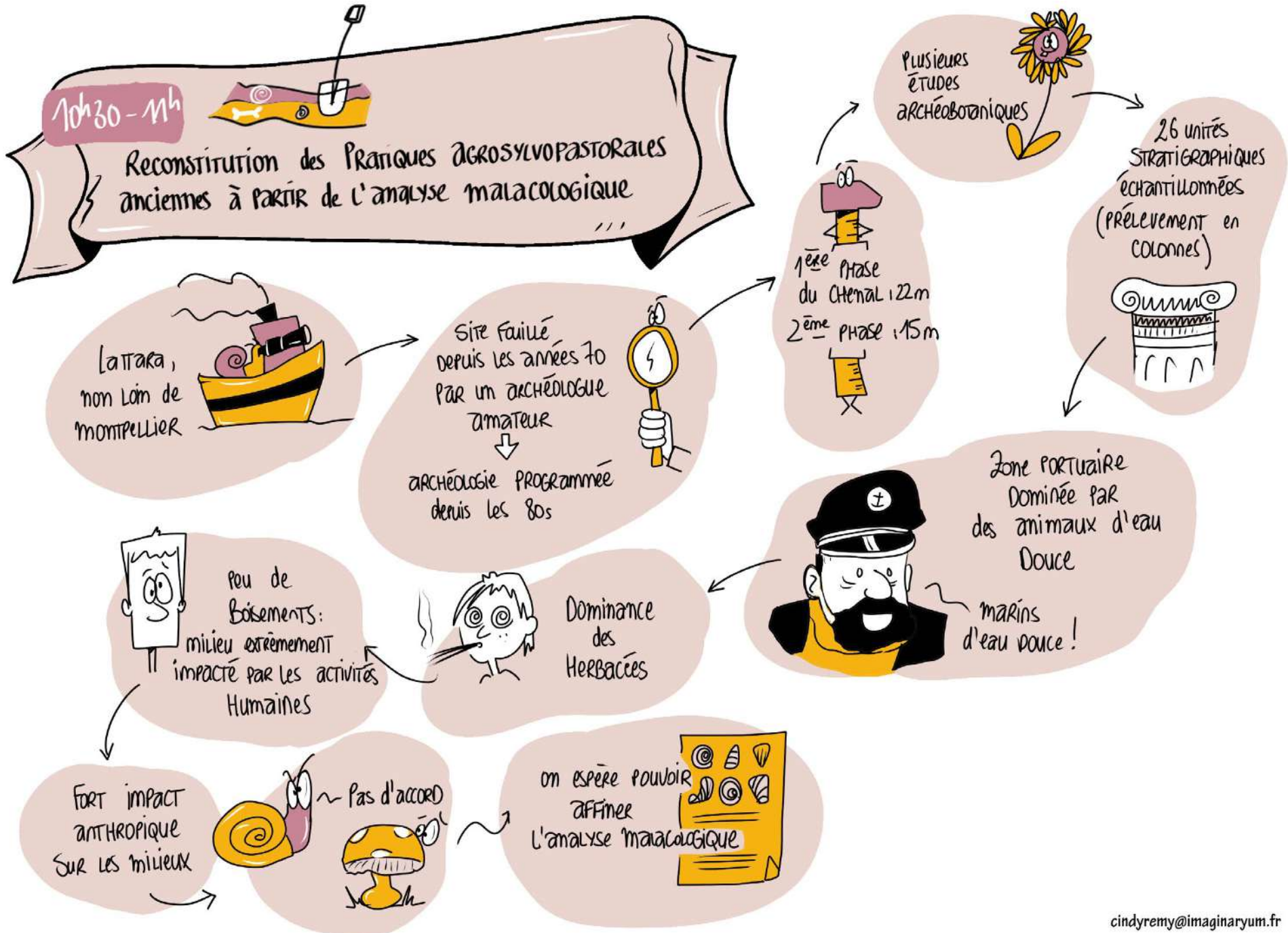
Quentin WACKENHEIM, LGP : **Quels groupes écologiques sont inclus dans « prairies sèches », « pelouses sèches », et dans les différents boisements ?**

R. Je me suis basée sur des groupes écologiques proposés par des auteurs antérieurs et notamment les référentiels établis par les travaux de Sophie Martin dans le sud de la France. Dans les prairies humides, on a des espèces comme *Vallonia pulchella*, *Pupilla* sp. Dans les prairies sèches, on trouve des *Cochlicella* sp., notamment beaucoup de *Cochlicella barbara*, qui sont aussi des espèces pouvant caractériser des systèmes dunaires mais, dans les interprétations malacologiques des sites méditerranéens, il s'est avéré qu'elles semblaient caractériser des milieux fortement pâturés. Pour les pelouses sèches et les broussailles, il était plus compliqué de déterminer des limites. Mais ce n'est

pas parce qu'un taxon est mis dans une catégorie qu'il n'est pas interprété à l'aune des autres. L'interprétation du site se base sur l'ensemble des cortèges malacologiques. Les *Lauria* sp. constituent l'un des marqueurs principaux des boisements stricts et, pour les boisements clairs, on a des espèces qui correspondent plutôt à des milieux considérés comme pionniers dans le sud de la France, comme *Pomatias elegans*. On s'est demandé si ces *Pomatias*, qu'on retrouve parfois dans des secteurs de vignes et de vergers, ne pouvaient pas aussi marquer la présence de ces habitats sur le bord du chenal. Mais cela ne nous paraissait pas cohérent du point de vue de la spatialisation des données de mettre les vergers juste à côté du chenal, alors qu'on a une forte présence d'espèces semblant traduire des zones de pâturages.

Claude BOUSCAILLOU, Bureau d'études Avis vert : **Pourquoi as-tu exclu les vignes et les arbres fruitiers du secteur pâturé ? Il y a beaucoup d'exemples où on a cette mixité.**

R. On ne perçoit les ligneux que sur les échantillons les plus éloignés du chenal. En croisant les données, on a supposé qu'ils caractérisaient également des milieux plus éloignés. Comme toutes les données allaient dans ce sens, on a envisagé, sur un transect, l'existence d'une zone d'intersection entre des prairies et des vignes et vergers mais pas aux abords directs du chenal. Il est aussi possible d'envisager que ces formations s'établissent en alternance annuelle ou pluriannuelle, avec les prairies.



# RUMINA PAIVAE LOWE (1861) (STYLOMMATOPHORA, SUBULINIDAE) EXISTE-T-IL ET EST-IL PRÉSENT DANS LE SUD-EST DE LA FRANCE ?

Comparaison entre des échantillons de *Rumina* de tailles différentes collectés dans les Bouches-du-Rhône ces dernières années.

**Louis AUREGLIA** –Laboratoire Population environnement développement, UMR 151 AMU-IRD



*Rumina decollata* (Linnaeus 1758), aussi appelé Bulime tronqué, est un escargot terrestre dont la coquille fine et allongée possède la particularité d'avoir un apex tronqué à l'âge adulte. Prédateur d'autres escargots, il appartient à un genre considéré comme adapté aux milieux secs, ouverts et anthropisés. De la famille des Subulinidae, il s'agit du seul genre ayant une distribution méditerranéenne. La communauté scientifique s'interroge toujours sur l'existence de plusieurs espèces au sein du genre *Rumina*. Si *R. decollata*, circum-méditerranéenne, et *R. saharica* (Pallary 1901), est-méditerranéenne, forment deux espèces bien identifiées et reconnues, *R. paivae* (Lowe 1861), donnée en Afrique du Nord, pose davantage de questions, bien qu'admis comme espèce. Cet escargot terrestre a été décrit plusieurs fois, sous différents noms et différents rangs, au cours des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, induisant un imbroglio taxonomique. Contrairement à *R. decollata* et *R. saharica*, les études ne permettent pas de le distinguer d'un point de vue anatomique et génétique. De surcroît, une étude génétique récente inclut *R. paivae* dans l'une des 6 lignées (MOTU) découvertes au sein de *R. decollata*. L'étude présentée s'attache à discuter, sur un grand nombre d'échantillons, les mesures morphologiques données par Lowe issues d'un petit nombre d'individus et, à partir notamment de l'analyse génétique, à confirmer ou non l'existence de *R. paivae* en tant qu'espèce à part entière.

## LES MESSAGES CLÉS

- 🗨 700 coquilles et 16 individus vivants ont été comparés sur 7 caractères conchyliologiques, 4 caractères anatomiques des genitalia, 2 caractères morphologiques des œufs, ainsi que sur les morphes de couleurs et les sculptures microscopiques.
- 🗨 L'analyse morphologique permet de distinguer clairement *R. decollata* de *R. paivae*, mais l'analyse génétique est toujours en cours.

## INTRODUCTION

Des communautés d'escargots de tailles très différentes, présentes au sein de populations distinctes, ont été collectées à Marseille au cours

d'un travail mené depuis plus de huit ans par le Laboratoire Population-Environnement-Développement (LPED) autour de questions de biodiversité en ville. Pour chaque collecte effectuée sur des *Rumina*, deux lots ont été distingués uniquement sur la

base morphologique : le lot L1 correspond à des petits *Rumina* et le lot L2, à de gros *Rumina*.

À l'heure actuelle, quatre espèces de *Rumina* sont mentionnées dans la littérature :

- *R. decollata* (Linnaeus, 1758) : espèce de petite taille présente tout autour du bassin méditerranéen, ubiquiste, présentant plusieurs morphes de couleurs déjà décrits, de forme plutôt cylindrique.
- *R. saharica* (Pallary, 1901) : espèce décrite au sud-est de la Méditerranée mais également très présente en Grèce et à Chypre, comportant un seul morphe de couleur, des genitalia très distincts, et de forme fortement cylindrique avec une ouverture proportionnellement plus longue que d'autres *Rumina*.
- *R. iamona* (Cardona, 2017) : espèce décrite très récemment, qui serait endémique des îles baléares, mais décrite uniquement sur la base des genitalia, ce qui apparaît comme discutable, d'autant qu'un certain polymorphisme est mentionné.
- *R. paivae* (Lowe, 1861) : espèce décrite initialement au nord de l'Afrique, présentant plusieurs morphes de couleurs, également de forme cylindrique mais beaucoup plus grosse d'un point de vue morphologique. La présente étude s'intéresse à cette espèce qui pourrait correspondre au lot L2 récolté à Marseille.

L'objectif de cette étude était donc de comprendre si la différence morphologique observée entre les lots L1 et L2 du Sud-Est de la France correspond à de la variabilité d'un unique taxon ou à la présence de deux espèces distinctes à savoir *R. decollata* pour L1 et *R. paivae* pour L2.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Outre les 8 stations étudiées à Marseille, des échantillons d'adultes et de juvéniles ont été récoltés dans 3 autres stations dans les Bouches-du-Rhône, cependant, l'étude ne porte que sur les coquilles adultes. Quelques individus vivants ont également été prélevés, puis élevés, donnant lieu à quelques pontes. Au total, environ 700 coquilles ont été traitées pour les deux lots, 16 individus vivants disséqués et une centaine d'œufs observés.

Sur la base de ce matériel, ont été étudiés 7 caractères conchyliologiques (hauteur maximale, largeur de la base, largeur au sommet, nombre de tours, hauteur du premier tour, longueur diagonale et horizontale de l'ouverture), 4 caractères anatomiques (largeur et longueur des pénis et vagins) et les structures internes des genitalia, 2 caractères morpholo-

giques des œufs (diamètre et poids), les morphes de couleurs du corps et du pied sur les individus vivants, ainsi que les sculptures microscopiques des coquilles, afin de sélectionner les plus discriminants.

## RÉSULTATS

Les résultats permettent de distinguer clairement *R. decollata* de *R. paivae* sur la base des 7 caractères morphologiques relatifs à la taille des coquilles, des caractères relatifs aux œufs (très petits œufs pour L1, gros œufs pour L2) et des morphes de couleurs (un corps noir ou gris clair avec une ligne médio-dorsale et un pied clair pour L1 ; un corps gris olive et un pied blanc pour L2).

Les sculptures microscopiques des petits (L1) et des gros *Rumina* (L2), très différentes, correspondent aux diagnoses initialement établies par Linné et Lowe, avec des stries de croissance beaucoup moins resserrées et moins en relief chez *R. decollata*, et un aspect verni retrouvé sur toutes les coquilles fraîches.

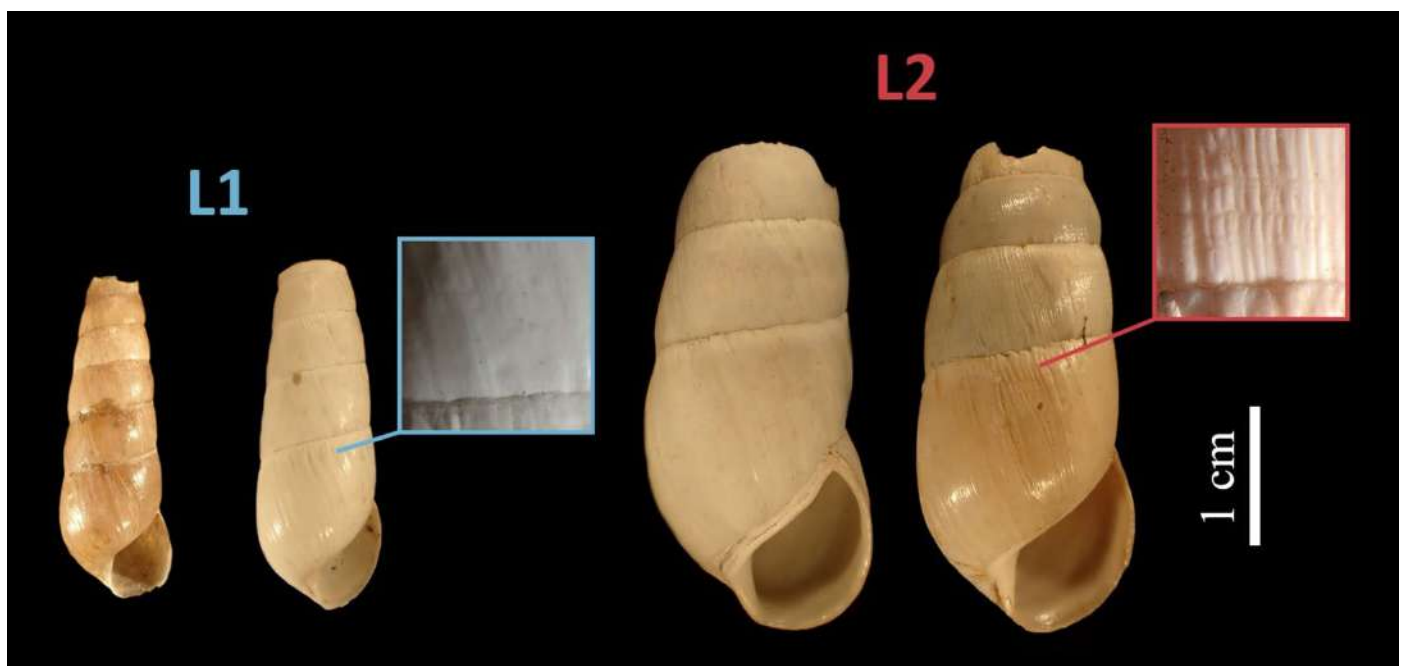


FIGURE 1 : Coquilles de *Rumina* collectées avec détails des sculptures microscopiques pour les lots L1 et L2.

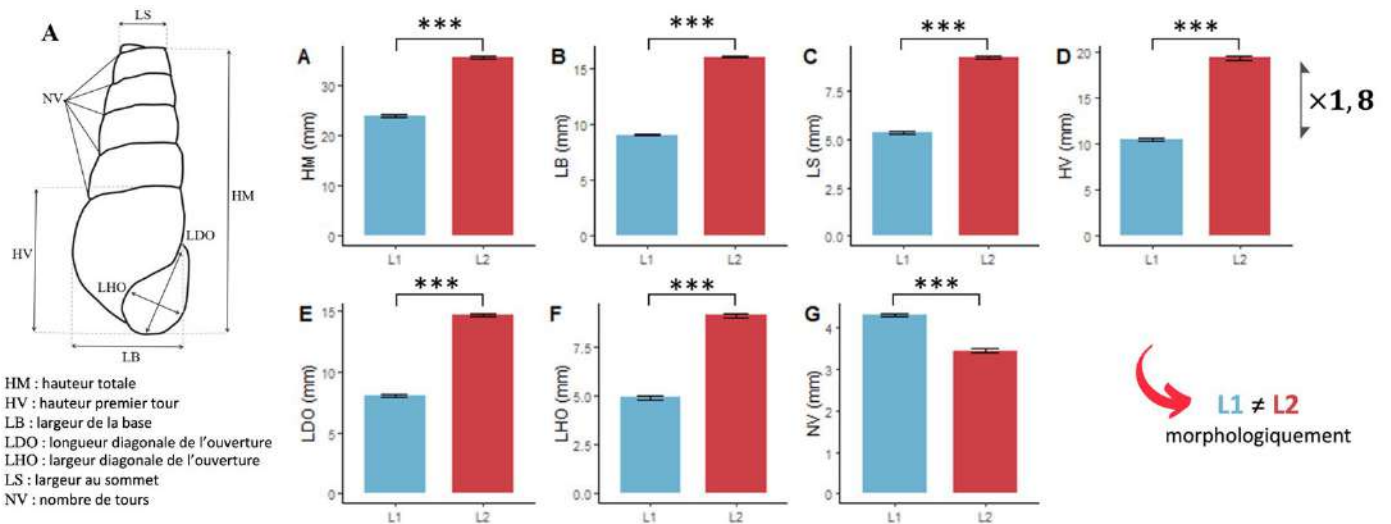


FIGURE 2 : Comparaison (moyennes et quartiles) des 7 caractères morphologiques des coquilles entre L1 et L2

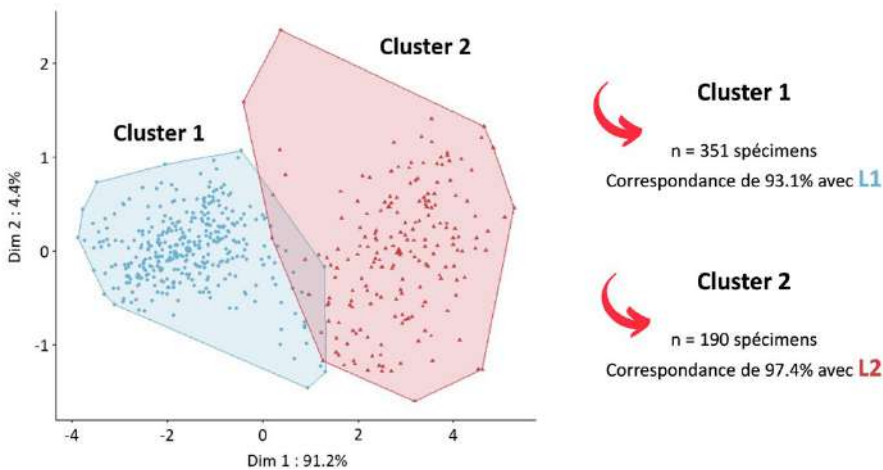


FIGURE 3 : Cluster plot (n=541 coquilles adultes) des *Rumina* collectés comparés avec une méthode de cluster avec k = 2 basé sur 7 caractères conchyliologiques.

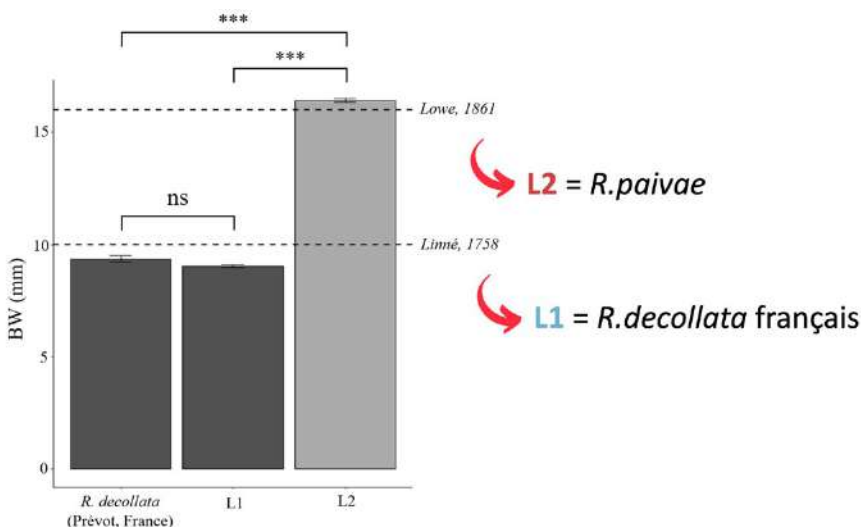


FIGURE 4 : Comparaison des largeurs à la base (BW) moyennes de L1, L2 et des *R. decollata* français (Prévot, 2015) ; les deux lignes en pointillés représentent les valeurs retrouvées dans les diagnoses des descripteurs Linné (1758) et Lowe (1861) faisant correspondre L1 à des *R. decollata* français et L2 à *R. paivae*.

Une analyse par cluster a montré que les deux lots distingués d'un point de vue morphologique étaient également bien distincts au niveau statistique : une correspondance de plus de 90 % est enregistrée entre les lots distingués morphologiquement et les lots distingués statistiquement.

En revanche, le faible nombre d'individus vivants (16) a limité la comparaison au niveau des genitalia et la dissection des pénis et vagins n'a révélé aucune différence significative d'anatomie entre L1 et L2.

Ces mesures ont également été comparées avec les valeurs énoncées dans les diagnoses initiales. Ainsi, concernant la largeur à la base, les données trouvées pour L1 et L2 ont été comparées avec les valeurs extraites d'une publication de Prévot (2013) sur des individus de *R. decollata* strictement retrouvés en France. La comparaison statistique met en évidence aucune différence entre le lot L1 et les *R. decollata* trouvés France, mais au contraire des différences significatives entre le lot L2 et ces deux groupes.

Sur la base de l'observation de plus de 500 individus, des différences significatives entre le lot L1 et L2 ont été constatées pour tous les caractères conchyliologiques. Le lot L2 correspond parfaitement aux mesures données dans les diagnoses de *Bulimus decollatus*  $\beta$  *major* (Pfeiffer, 1848) et de *R. paivae* (Lowe, 1861). Le lot L2 se rapproche davantage de la des-

cription réalisée par Lowe que de celle réalisée par Pfeiffer. Il en est de même pour le lot L1 dont la description correspond à celle de *R. decollata* de Linné (Linnaeus, 1758).

En ce qui concerne les sculptures microscopiques, Linné décrit les coquilles de *R. decollata* comme étant quelque peu luisantes avec des verticilles lisses ainsi que des stries espacées, ce qui concorde avec les caractères observés pour le lot L1. Il en est de même pour les coquilles de *R. paivae* décrites par Lowe comme étant opaque, imprimées de fines stries, et constituées de sutures constrictives qui correspondent aux caractères observés pour le lot L2.

En revanche, les mesures des caractères anatomiques des genitalia ne montrent aucune différence entre les lots L1 et L2, ne permettant pas d'en faire un caractère de détermination. Il en est de même pour les structures internes des genitalia de nos deux lots alors que la structure interne de *R. decollata* diffère de celle de *R. saharica* avec une structure en papilles proéminentes versus plus légère pour le pénis et surtout une structure en lamelles crénelées versus en lamelles linéaires pour le vagin (Carr, 2002). Les résultats mettent en évidence que les lots L1 et L2 coïncident avec les caractères anatomiques de *R. decollata* observés par Carr (2002).

En ce qui concerne le diamètre des œufs, ceux du lot L1 correspondent au diamètre des œufs de *R. decollata* (en moyenne 2 mm) mesurés par Batts (1957). La taille et le poids des œufs du lot L2 étant nettement supérieurs à ceux des œufs du lot L1, il n'est pas possible d'attribuer le lot L2 à *R. decollata*, suggérant qu'il s'agit d'un autre taxon. Ce caractère très discriminant semble inédit.

Les morphes de couleurs des corps et des pieds observés sont caractéristiques pour chacun des lots : les individus du lot L1 partagent les mêmes morphes que ceux des MOTUs A et Eb et ceux du lot L2 partagent le même morphe que ceux du MOTU D. Aucune différence génétique n'a été mise en évidence entre *R. paivae* et *R. decollata* par Prévot et al. (2014b). Pourtant, les valeurs morphologiques des coquilles de deux individus du

MOTU D identifiés comme *R. paivae* ainsi que le lot L2 correspondent à la diagnose de *R. paivae* (Lowe, 1861). Malgré cela, nous ne pouvons pas attribuer statistiquement le lot L2 au MOTU D puisque ce MOTU a été établi sur la base de 4 individus dont 2 *R. decollata* et 2 *R. paivae* identifiés par Prévot (2014b).

Ainsi, les résultats basés sur la morphologie des coquilles, les caractères des œufs et les morphes de couleurs soutiennent que le lot L2 correspond à *R. paivae* comme décrit par Lowe en 1861 et que le lot L1 correspond à *R. decollata* d'un point de vue morpho-anatomique. Les valeurs morphologiques des coquilles des individus du MOTU Eb identifiés en tant que *R. decollata* français et espagnol ainsi que le lot L1 correspondent à la diagnose de *R. decollata* (Linnaeus, 1758).

## DISCUSSION

À l'heure actuelle, aucune occurrence de *R. paivae* en France métropolitaine n'est donnée. Sachant que l'aire de distribution de cette espèce est actuellement Nord-Africaine (Algérie, Maroc, Tunisie), nous rapportons ici ce qui s'apparente à la première occurrence de *R. paivae* en Provence dans le Sud de la France. Deux hypothèses peuvent expliquer cette occurrence : (1) *R. paivae*, d'origine nord-africaine serait une espèce introduite localement dans le Sud de la France, (2) la répartition de *R. paivae* serait sous-estimée autour du bassin méditerranéen à l'image d'autres taxons. C'est par exemple le cas d'*Arundo micrantha* Lam., taxon totalement méconnu à répartition nord-africaine dont des travaux récents ont mis en évidence une répartition circum-méditerranéenne (Hardion et al. 2012).

Face aux descriptions anciennes (19<sup>e</sup> siècle) souvent réalisées sur un faible nombre de coquilles dont les provenances ne sont pas toujours précises ni l'état juvénile/adulte des coquilles précisé, l'existence de *R. paivae* a été mise en doute et souvent attribuée à du polymorphisme. Néanmoins les mesures réalisées sur plus de 500 coquilles d'individus adultes semblent indiquer l'existence

de deux lots. On peut alors s'interroger sur la valeur discriminante à attribuer aux caractères qui permettent de définir les espèces en malacologie. En effet, *R. saharica* et *R. decollata* ont été discriminées sur la base des structures internes et anatomiques des genitalia (Carr, 2002). Il en est de même pour *R. iamona* (Cardona, 2017) qui a été reconnue sur des caractères anatomiques des genitalia. Cependant, les caractères anatomiques peuvent présenter également un fort polymorphisme de taille et paraître parfois faiblement discriminant au même titre que les caractères conchyliologiques (Carr, 2002). L'ensemble des caractères permettant de décrire une espèce du genre *Rumina* reste encore difficile à déterminer. Afin de distinguer les lots L1 et L2, nous avons choisi quatre caractères que nous jugeons très discriminants : les mesures morphologiques des coquilles (7 caractères), les caractères des œufs, les sculptures microscopiques des coquilles et les morphes de couleurs. D'après ces caractères, nous attribuons le lot L1 à *R. decollata* et le lot L2 à *R. paivae*. À noter que nous avons observé ces deux espèces en sympatrie sans trouver d'individus aux caractères intermédiaires tout comme Mienis (2008) suggérant qu'il n'y a pas d'hybridation.

Les échantillons rassemblés ne suffisent cependant pas à confirmer l'existence de l'espèce et son rattachement formel au lot L2. L'échantillonnage initial a été renforcé récemment par de nouveaux lots, qui ont également pu être analysés : 262 coquilles de gros *Rumina* en provenance d'Algérie, 157 coquilles assimilées à des *R. decollata* provenant de Malte, 21 échantillons de *R. saharica* de Chypre et de Grèce. Le laboratoire LPED est toujours à la recherche de matériel supplémentaire pour poursuivre ses investigations.

## RÉFÉRENCES

- Batts J.H., 1957. Anatomy and Life Cycle of the Snail *Rumina decollata* (Pulmonata: Achatinidae). *The Southwestern Naturalist*, 2, 74.



- Cardona J.Q., 2017. *Descripción de Rumina iamona sp. nov. (Pulmonata: Subulinidae), un nuevo gasterópodo endémico de Menorca (Islas Baleares, Mediterráneo Occidental)*, 8.
- Carr R., 2002. Geographical variation of taxa in the genus *Rumina* (Gastropoda: Subulinidae) from the Mediterranean region. *Journal of Conchology*, 37, 569.
- Linné C. von., 1758. *Caroli Linnaei... Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*.
- Lowe R.T., 1861. A list of the shells observed or collected at Mogador and its immediate environs during a few days' visit to

the place in April 1959; with notes and observations. *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London*, 5, 169-204.

- Mienis H.K., 2008. Does *Rumina saharica* Pallary, 1901 occur in France? *MalaCo*, 5, 228-229.
- Pallary P., 1901. Sur les mollusques fossiles, terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie. Mémoires de la Société géologique de France - *Paléontologie* 1-206.
- Pfeiffer L., 1859. *Monographia heliceorum viventium: sistens descriptiones systematicas et criticas omnium hujus familiae generum et specierum hodie cognitarum*. FA Brockhaus.

- Prévot V., Jordaens K., Sonet G. & Backeljau T., 2013. Exploring Species Level Taxonomy and Species Delimitation Methods in the Facultatively Self-Fertilizing Land Snail Genus *Rumina* (Gastropoda: Pulmonata). *PLoS ONE*, 8.

- Prévot V., Backeljau T. & Jordaens K., 2014. Morphometric evaluation of DNA-based cryptic taxa in the terrestrial decollate snail genus *Rumina*. *Journal of Molluscan Studies*, 81, 223-232.

- Prévot V., Backeljau T., Jordaens K. (2015) Morphometric evaluation of DNA-based cryptic taxa in the terrestrial decollate snail genus *Rumina*. *Journal of Molluscan Studies* 81(2): 223-232.

## QUESTIONS-RÉPONSES

Emmanuel FARA, Université de Bourgogne : **Avez-vous eu l'occasion de regarder les protoconques et voir s'il existait des différences significatives entre les deux lots ?**

R. Non. Tout ce qui a été analysé vient d'être présenté. Je me suis énormément basé sur les travaux de Prévot, en y ajoutant des nouveaux critères, mais il en manque certainement.

Jean-Michel BICHAIN, SHNEC : **Votre travail s'apparente en fait à une révision de genre. N'aurait-il pas été intéressant de comparer tout de suite, en première approche, des populations provenant du Nord-Afrique à vos lots L1 et L2 ?**

R. Le nouvel échantillonnage d'environ 200 coquilles et une quarantaine d'individus vivants en provenance d'Algérie est justement en cours d'analyse, y compris génétique.

Olivier GARGOMINY, PatriNat : **Pourquoi utilisez-vous le nom *R. paivae* et pas *R. saharica* ? Sachant que Prévot a synonymisé *R. paivae* avec *R. decollata* sur la base de l'analyse moléculaire mais a bien sorti *R. saharica*, est-ce que ça ne peut pas être *R. saharica* que nous avons en France ?**

R. *R. saharica* est bien distinct au niveau des genitalia et de la morphologie, c'est un groupe monophylétique. *R. Paivae* est

encore une autre espèce, un peu oubliée après la description de Lowe pour ensuite être remise sur la table par Mienis en 2002.

Prévot a défini 7 MOTUs différents, en excluant *R. saharica*, groupe monophylétique. Selon Prévot, ces 7 MOTUs seraient potentiellement 7 espèces différentes, mais elle décrit cela comme étant simplement un polymorphisme de *R. decollata*, dans lequel elle range les 4 spécimens de *R. Paivae* qu'elle a traitée et qui se sont retrouvés être dans trois MOTUs différents. Elle en a donc conclu que ce n'était pas une espèce sur la base génétique. C'est ce qu'on est en train de discuter, car 4 échantillons c'est peu, et il y avait quand même des différences morphologiques très nettes. On se demande aujourd'hui si les MOTUs retrouvés en Nord-Afrique ne seraient pas un grand groupe monophylétique.

Jean-Michel BICHAIN, SHNEC : **C'est le piège des approches morphologiques. Depuis une vingtaine d'années, ces approches purement morphologiques sont remises en cause par des approches moléculaires qui montrent que des formes qui semblaient stables, bien diagnostiques ne correspondent pas à des entités évolutives distinctes.**


R. Au vu de ce qui a déjà été observé dans l'analyse génétique, on retrouve *R. paivae* dans différents groupes, donc la fin de l'histoire sera sans doute en effet que *R. paivae* n'existe pas.

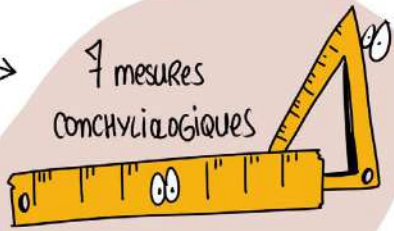
## LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE


Nous travaillons à l'heure actuelle sur un nouvel échantillonnage plus large à l'échelle du bassin méditerranéen prenant en compte de nouveaux individus que nous traitons au niveau morphologique, anatomique et génétique (COX1, ITS1, ITS2). Nous comptons confronter nos analyses phylogénétiques à l'arbre produit par Prévot en 2015 afin de replacer nos individus au sein de l'arbre. Nous n'envisageons pas de réaliser une révision du genre mais encore une fois d'apporter de nouvelles observations de *Rumina* et de questionner une seconde fois la taxonomie du genre avec une approche la plus intégrative possible.

Mh30-12h ? ? ? ? ? Rumina Paivae Lowe (1861)




- Decollata 
- Saharica 
- iamonae 
- Paivae ? ? ? ? ? 



7 mesures conchyliologiques 

analyse de CLUSTER : CORRESPONDANCE de plus de 90% ENTRE LES LOTS 

TRÈS PETITS DEUFS (L1) GROS DEUFS (L2) : CORRESPONDANCES ! 

SCULPTURES MICROSCOPiques : CRITÈRES TRÈS DISTINCTIFS 

ça correspond 

Plein de coquilles dans le bassin méditerranéen  Pourquoi des Gros Rumina à Marseille ? 

# CARACTÉRISATION MORPHOMÉTRIQUE DE L'ENROULEMENT DE LA COQUILLE DES ESCARGOTS TERRESTRES PAR L'ÉTUDE DE MODÈLES 3D GÉNÉRÉS AU CT-SCAN

Application critique de la méthode de Collins *et al.* (2021)

**Elrick TACHET-PÉPIN** - Université de Bourgogne



Cette étude, encore en cours, porte sur l'enroulement de gastéropodes terrestres de France métropolitaine. L'accent est mis sur les paramètres de la spire génératrice car ils permettent d'intégrer explicitement l'ontogenèse de la coquille, apportent une information sur l'architecture interne du tube coquillier et complètent les mesures biométriques et analyses morphométriques classiques, qui supposent notamment que les points de mesure externes de la coquille sont homologues d'un individu à un autre.

L'objectif de l'étude est de quantifier les variations des modalités d'enroulement chez les différentes sous-familles de gastéropodes terrestres. Les données et les résultats permettront de caractériser la disparité des enroulements coquilliers et de la confronter à la phylogénie ; d'explorer sans détérioration des caractères conchyliologiques internes et susceptibles de conforter les caractères anatomiques et génétiques, notamment chez les espèces difficiles à distinguer sur les critères coquilliers externes ; de caractériser entièrement la morphologie 3D de coquilles fréquentes sur le territoire métropolitain mais aussi celles d'espèces patrimoniales ou d'individus aberrants ; et enfin de sauvegarder numériquement et de valoriser les collections de coquilles actuelles et fossiles.

## LES MESSAGES CLÉS

- Les échantillons traités dans le cadre de ce projet représentent 38 sous-familles et 30 familles sur les 43 référencées en France dans TaxRef.
- Tous les modèles 3D de coquilles fossiles et actuelles générés dans le cadre de cette étude seront mis à disposition de la communauté malacologique sur le site du projet « e-Col+ ».

## INTRODUCTION

La seule étude de la coquille des gastéropodes, élément facilement observable chez les escargots, ne permet pas toujours de différencier les espèces, la dissection de l'appareil génital ou l'analyse ADN sont

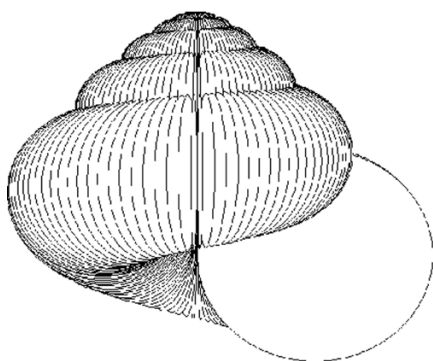
parfois indispensables. Cependant, la coquille constitue le seul reste disponible en paléontologie et archéologie. Il apparaît donc indispensable d'en améliorer l'étude.

La géométrie des coquilles d'escargots apparaît relativement simple : spirale évoluant dans l'espace, elle est

liée à la croissance accrétionnaire, ce qui permet de récapituler l'ontogénie des escargots. Du fait de cette croissance accrétionnaire, il est difficile d'établir des points homologues d'une coquille à l'autre. Pour les mesures biométriques, des points sont généralement placés par exemple sur les

sutures, à défaut de pouvoir faire mieux. D'où l'intérêt de caractériser ces coquilles mathématiquement.

Au cours de l'histoire, plusieurs biologistes et mathématiciens ont essayé de procéder à des caractérisations mathématiques. Les équations de Raup (1961), encore utilisées aujourd'hui en paléontologie et en biologie évolutive, permettent ainsi de décrire une coquille et de proposer une analyse de forme sans passer par les points homologues.



**FIGURE 1 :** Figure extraite de Swan (2015) montrant une coquille théorique approchant celle d'un Hélicidé.

La figure 1, extraite de Swa (2015), permet de reconstituer les variations des formes à l'aide de coquilles simulées en les faisant passer par différents stades de développement.

Cependant, dans de nombreuses autres analyses, notamment celles de Raup (1961), un seul modèle mathématique est généralement exploré, le modèle logarithmique, insuffisant pour décrire l'entièreté des variations de formes coquillères.

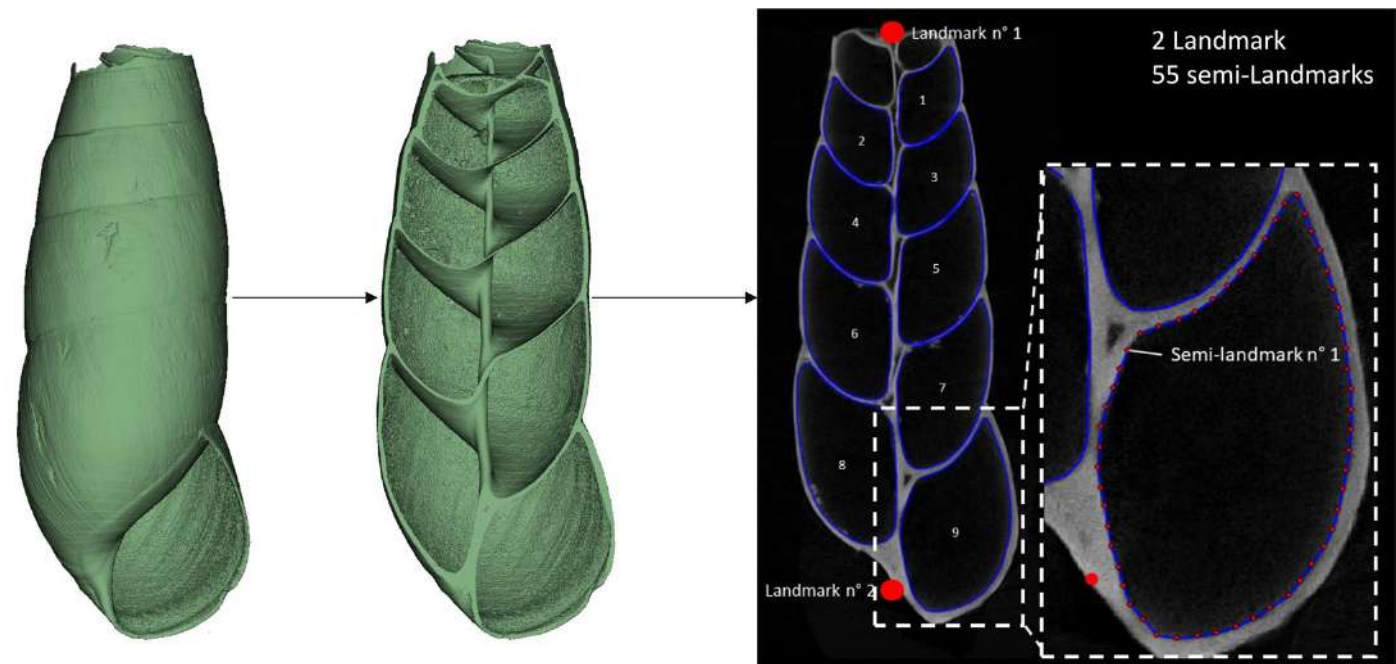
Une nouvelle méthode, proposée par Collins et al. en 2021, consiste, par application de techniques de morphométrie géométrique, à analyser les ouvertures sérielles visibles sur une coupe passant par l'axe d'enroulement. Elle teste plusieurs modèles mathématiques sur les sections longitudinales de coquilles, et nécessite de découper des coquilles pour pouvoir analyser leur enroulement, en prenant en compte l'ontogénie.

Les objectifs de notre étude sont de tester de manière critique la méthode de Collins et al. (2021) en évitant de découper des coquilles de collection par l'emploi des rayons X (CT-scans). La tomographie par rayons X permet d'obtenir des séries de coupes 2D afin de décrire pour la première fois l'enroulement des coquilles chez les gastéropodes terrestres français avec cette approche. Notre étude vise également à évaluer si, sur des taxons difficilement différenciables par la morphologie de leur coquille, il était possible d'obtenir des critères de discrimination sur la base de l'analyse de l'enroulement.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les spécimens analysés appartiennent essentiellement aux collections de zoologie et de paléontologie de l'Université de Bourgogne (plus de 85 coquilles), complétés par des spécimens issus des collections du CBNFC-ORI de Besançon (plus de 20 coquilles). Les échantillons représentent 38 sous-familles et 30 familles sur les 43 référencées en France dans TaxRef. Chaque coquille a été scannée en microtomographie à rayons X sur les µCT-scanners SkyScan 1174 et EasyTom S150 du laboratoire Biogéosciences (domaine MorphOptics de la plateforme GISMO) à une résolution de 6 à 30 microns.

À partir des premières reconstructions 3D, il est possible de sélectionner un plan passant au plus près du péristome et de placer des points repères. Les points placés sur l'axe d'enroulement sont considérés comme homologue. La section d'un modèle 3D (fig.2), approximative pour favoriser l'illustration, a été analysée morphométriquement : deux points (landmarks) sur l'axe d'enroulement sont considérés comme homologues et les ouvertures sont décrites à l'aide de points non homologues (semi-landmarks), de préférence dans l'ordre de croissance de ces ouvertures.



**FIGURE 2 :** *Rumina decollata* forme major (collection UB), section de modèle 3D.

Une fois la forme interne décrite, des paramètres d'enroulement sont définis :

- T : l'évolution verticale de la spirale (translation)
- W : le taux d'expansion de la spirale à chaque tour
- D : l'écartement depuis l'axe d'enroulement
- S : la forme de l'ouverture à chaque tour

L'exemple (fig.3) (*Helicella itala*) montre qu'à chaque tour, la taille du tube coquiller augmente (expansion), la trajectoire du tube descend le long de l'axe d'enroulement (translation)

s'écarte de celui-ci et change de forme en section transversale.

L'enroulement est ensuite modélisé en évaluant lequel des 5 modèles mathématiques exploré (polynomial, exponentiel, puissance, logarithmique ou linéaire) permet d'expliquer au mieux l'évolution de chacun des paramètres au cours de la croissance.

Ces modèles, une fois définis, permettent de décrire les coquilles à l'aide des paramètres d'enroulement dans un espace morphologique et de les comparer entre elles.

## RÉSULTATS

Les modèles mathématiques optimaux retenus par paramètre pour l'ensemble des échantillons sont : le modèle linéaire pour l'écartement, le modèle polynomial pour la forme et la translation, et le modèle exponentiel pour l'expansion.

Pour les associations du paramètre de translation T, écartement depuis l'axe d'enroulement D et de forme S avec le paramètre d'expansion W, on observe que deux infra-ordres se démarquent de la majorité de nos échantillons : celui des *Helicoidei*, de forme assez grande et un peu globuleuse, et celui des *Pupilloidei*, de forme plutôt haute

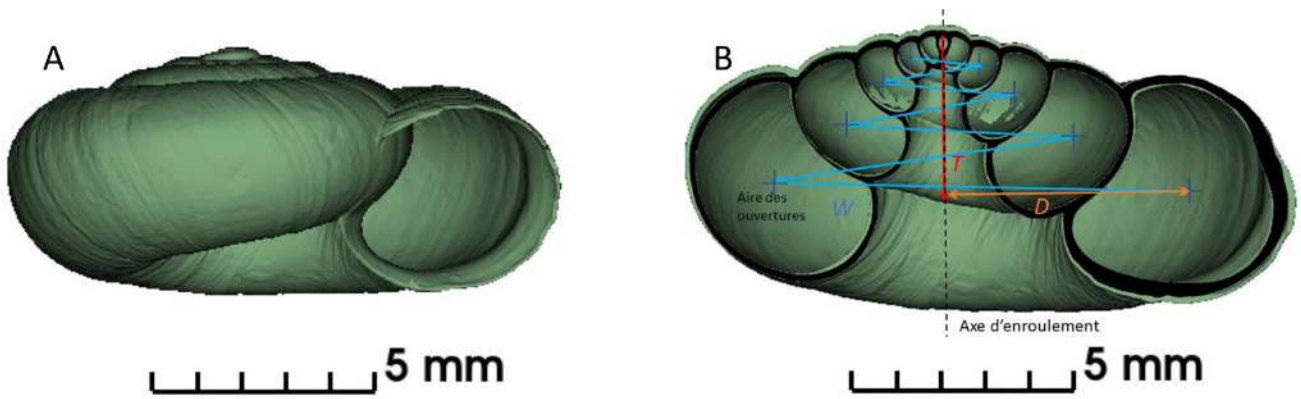


FIGURE 3 : *Helicella itala* (prêt de J. Ryelandt, CBNFC-ORI), modèle 3D A) et sa section B).

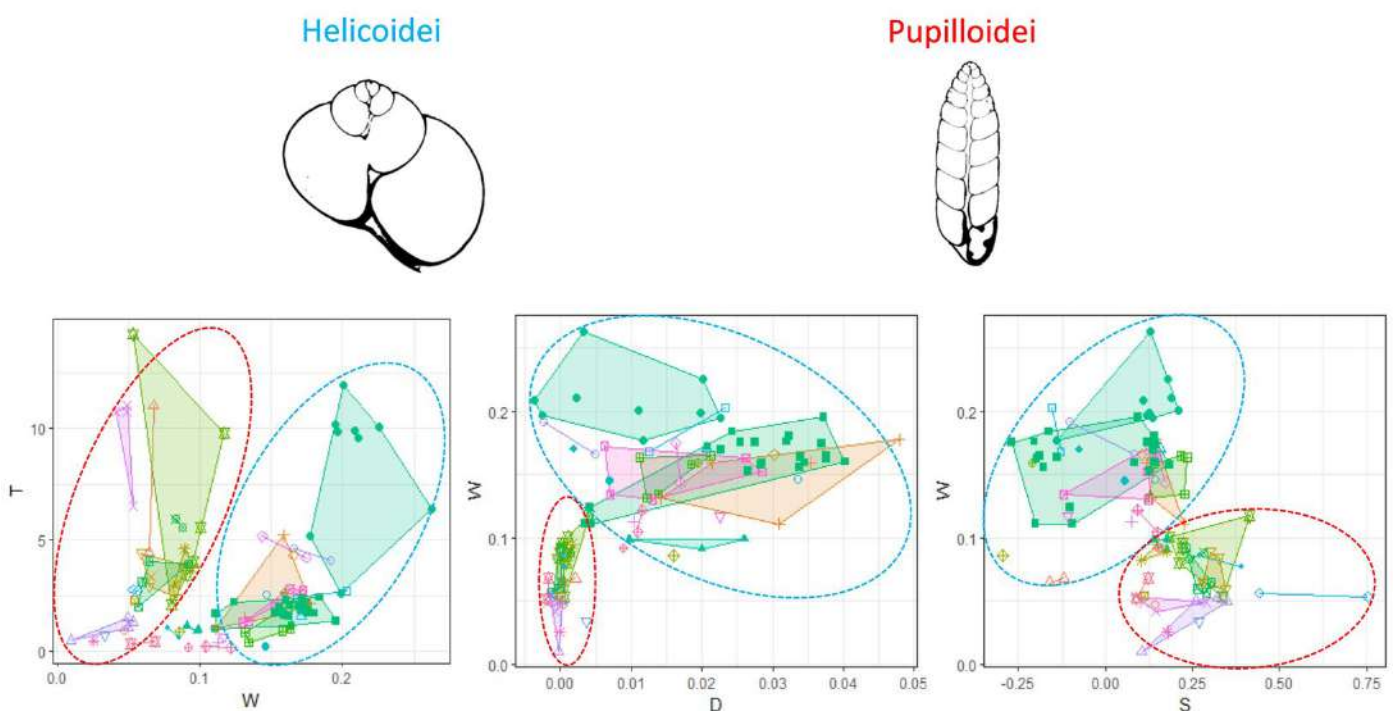
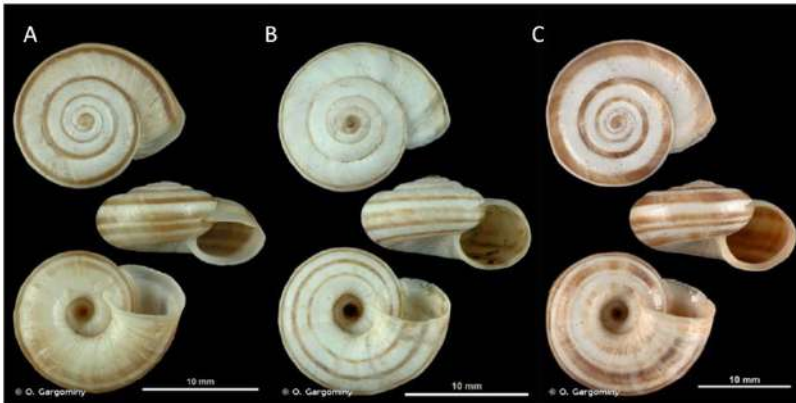
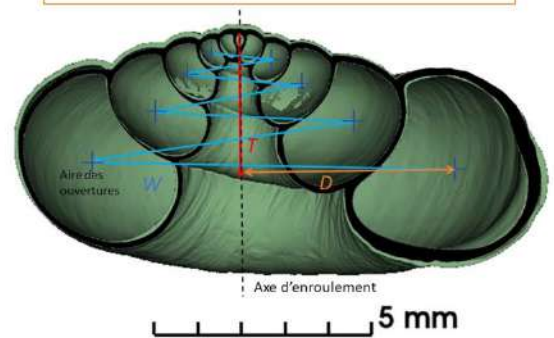
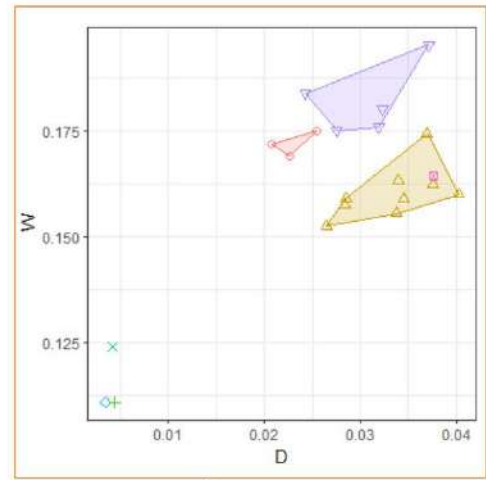
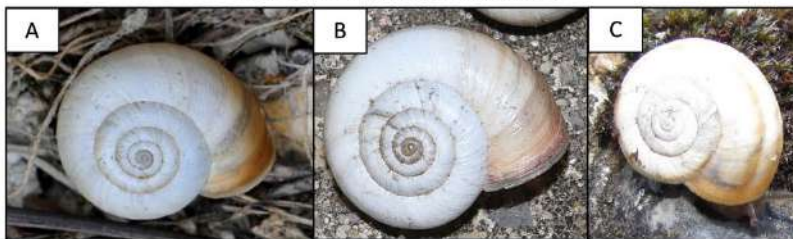


FIGURE 4 : Séparation entre les deux infra-ordre majeur composant l'échantillon.

A *Helicella itala*, B *Cernuella neglecta* et C *Xerolenta obvia*



Issues de Gargominy et al. (2011)



**FIGURE 5 :** Espace morphologique occupé par les espèces *Helicella itala*, *Cernuella neglecta* et *Xerolenta obvia* pour l'association de l'expansion et de l'écartement, avec photographie de coquille pour chacune de ces espèces issues de Gargominy et al. (2011).

et relativement fine. Le fait que ces infra-ordres, définis par leur forme, apparaissent bien séparés montre que l'analyse de forme est pertinente (fig.4).

Ces modèles semblent permettre une discrimination des coquilles proches (fig.5) d'un point de vue morphologique. Par exemple, les trois espèces *Helicella itala*, *Cernuella neglecta* et *Xerolenta obvia* - très proches morphologiquement et dont l'observation anatomique permet de les identifier de façon certaine - paraissent se démarquer les uns des autres pour les paramètres d'expansion et d'écartement depuis l'axe d'enroulement, malgré le faible nombre de points. Ce point est en cours d'approfondissement actuellement.

## DISCUSSION

Cette méthode présente quelques limites, parmi lesquelles l'influence du plan de coupe puisque, pour un seul individu « découpé » plusieurs

fois, on peut remarquer quelques petites différences sur les paramètres d'enroulement.

Ensuite, il s'agit d'une simplification, qui considère l'axe d'enroulement comme droit, ce qui n'est pas toujours le cas : il est parfois légèrement courbe ou spiralé. Enfin, les dents et lamelles observées sur certaines formes n'ont pas été prises en compte mais il serait intéressant d'étudier leur effet sur les variations éventuelles des paramètres.

En revanche, la méthode présente aussi de nombreux intérêts : elle permet de ne pas détruire une coquille pour analyser son enroulement ; d'après les résultats obtenus, elle semble permettre de discriminer certaines coquilles sans passer par une analyse des genitalia ou une analyse ADN, ce qui est particulièrement prometteur pour les échantillons d'espèces fossiles pour lesquels ces éléments ne sont plus disponibles ; enfin, alors que de nombreuses analyses d'enroulement sont des simulations, cette méthode mène à la caractérisation de l'enroulement à partir de mesures réelles sur des coquilles.

térisation de l'enroulement à partir de mesures réelles sur des coquilles.

## CONCLUSION

La modélisation mathématique des coquilles vient donc compléter les autres approches utilisées en malacologie (mesures biométriques, dissections, analyses génétiques) et peut mettre en évidence des caractères coquilliers nouveaux sans avoir besoin de découper les coquilles, préservant ainsi de précieux échantillons de collections muséales par exemple. Il apparaît donc nécessaire de poursuivre ces explorations méthodologiques pour ouvrir de nouvelles pistes de réflexions.

Grâce à un programme national de valorisation des collections, l'entièreté des modèles 3D de coquilles fossiles et actuelles générés dans le cadre de cette étude seront versés sur le site du projet « e-Col+ » au sein de l'infrastructure nationale de recherche RECOLNAT, et

mis à disposition de la communauté malacologique.

Ce travail fait partie du projet Equipex+ «E-Col+» qui a bénéficié d'une aide de l'État via l'Agence nationale de la recherche au titre du Programme d'investissements d'avenir portant la référence ANR-21-ESRE-0053. Le soutien financier, humain et logistique du laboratoire Biogéosciences est aussi remercié.

## RÉFÉRENCES

– Collins K.S., Klapaukh R., Crampton J.S., Gazley M.F.,

Schipper C.I., Maksimenko A., Hines B.R., 2021. Going round the twist—an empirical analysis of shell coiling in helicospiral gastropods. *Paleobiology* 47, 648–665. <https://doi.org/10.1017/pab.2021.8>

– Gargominy O., Prie V., Bichain J.-M., Cucherat X., Fontaine B., 2011. Liste de référence annotée des mollusques continentaux de France. *Naturae*. <https://doi.org/10.5852/naturae2019a11>

– Raup D.M., Michelson A., 1965. Theoretical Morphology of the Coiled Shell. *Science* 147, 1294–

1295. <https://doi.org/10.1126/science.147.3663.1294>

– Swan A.H., 2015. Heterochrony in helicoid spiral cones: a computer model for demonstrating heterochronic evolution. *Palaeontol. Electron.* <https://doi.org/10.26879/510>



## QUESTIONS-RÉPONSES

Lilian LÉONARD, PatriNat : **Quel est le coût de ce type de méthode ?**

R. Emmanuel FARA : Le coût est relativement modeste, quelques dizaines d'euros. Mais tout dépend si le projet de recherche est mené en collaboration avec les entités qui possèdent des CT-Scan. À Dijon, on peut bénéficier de 2 CT-Scan. Le temps d'acquisition sur les nouveaux appareils, une fois que le spécimen est à peu près propre, est de l'ordre de 15 minutes. En revanche, la segmentation des images prend beaucoup de temps. Elle est beaucoup plus rapide quand les coquilles sont très propres dès le départ.

Olivier MOINE, CNRS : **Combien de temps faut-il, une fois la photo récupérée du CT-scan, pour positionner tous les landmarks et en extraire les données ?**

R. De mémoire, les scans de coquilles prennent entre 10 et 30 minutes, en fonction de la coquille et de la résolution recherchée. Sur un autre scanner plus récent, cela peut prendre 5 minutes. Ensuite, définir le bon plan de coupe, pour des escargots bien positionnés (notamment pour éviter que les rayons ne rebondissent sur la coquille), prend 10-15 minutes maximum. Le placement des points prend jusqu'à 20 minutes. Tout cumulé, pour une coquille, il faut compter facilement une heure.

Julien RYELANDT, CBNFC-ORI : **La modélisation peut-elle se traduire en fichiers utilisables avec une imprimante 3D, afin de produire des modèles pour des formations ou pour exposer ?**

R. Je ne vois pas pourquoi ce ne serait pas possible, même avec des parties segmentées.

Jean-Michel BICHAIN, SHNEC : **Quelles sont les perspectives de recherche concernant cette méthode, sur les aspects de diagnose, de séparation d'espèces, de polymorphisme ?**

R. Emmanuel FARA : Il ne s'agit pas d'une nouvelle manière de faire de la malacologie, c'est une approche complémentaire, qui pourrait nous renseigner sur certains caractères non visibles, non accessibles. La méthode, présentée de manière assez brutale par les collègues américains qui ont découpé des coquilles de collection, souffre encore de plusieurs limites. Mais on aimerait la généraliser, au-delà de la caractérisation et des modèles qui seront rendus disponibles. D'un point de vue des problématiques scientifiques, il y a un certain nombre d'éléments sur des trajectoires évolutives de certains groupes.

Claude BOUSCAILLOU, Bureau d'études Avis vert : **Sur les 3 espèces que tu as tenté de différencier avec les mesures du CT-scan, était-ce vraiment discriminant ? Pourrait-on imaginer dans un futur proche de mettre une coquille dans la machine, et dire : « fais-moi le comparatif et sors-moi l'espèce » ?**

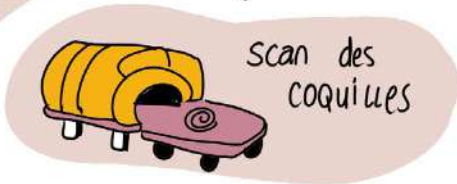
R. Dans le cadre de cette étude, on avait peu de spécimens, mais si on ajoute d'autres coquilles et que les espaces morphologiques sont bien séparés, on pourrait imaginer mettre dans la machine une coquille dont l'affinité taxinomique est incertaine et essayer de l'identifier entre ces trois groupes. Dans le cas présenté ici, les coquilles avaient déjà été identifiées au préalable anatomiquement et les résultats de l'analyse morphométrique des coquilles scannées ont été concordants.

## LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE

La distinction des espèces *Helicella itala*, *Cerņuella neglecta* et *Xerolenta obvia* avec cette approche est en train d'être testée grâce à un échantillon élargi pour ces trois taxons.

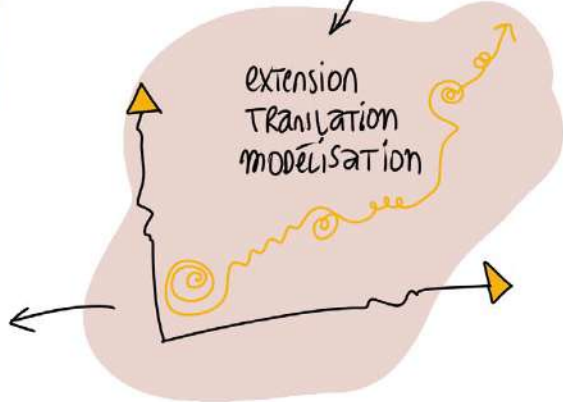
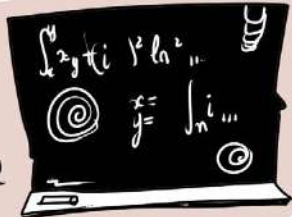
12h - 12h 30

CARACTÉRISATION MORPHOMÉTRIQUE  
de l'enroulement de la COQUILLE  
des ESCARGOTS TERRESTRES par l'étude  
de modèles 3D GÉNÉRÉS au CT SCAN



Caractérisons  
mathématiquement  
les Coquilles

les équations de  
Raup  
marquent l'HISTOIRE



analyse  
non destructive  
de l'enroulement



Formes  
Grandes et  
Gobuleuses  
...  
Formes Fines  
DENTS

Ouvre de  
nouvelles pistes  
de Réflexion



Pas cher mais  
Prend du Temps





# LA MALACOLOGIE, UNE HISTOIRE DE FAMILLE

## Focus sur la collection Letourneux du Muséum d'Angers

**Gaëlle DOITTEAU** – Assistante de conservation au Musée d'histoire naturelle d'Angers.

En 1907, le Muséum d'Angers entre en possession d'une collection exceptionnelle de malacologie par l'intermédiaire d'Émile Letourneux. Cette collection a été constituée entre 1840 et 1885 environ, par son père Tacite Letourneux et son cousin Aristide-Horace Letourneux, magistrats tous les deux et membres de la Société botanique et de la Société malacologique de France, dont Aristide est l'un des fondateurs.

Tous deux passionnés de sciences naturelles, auxquelles ils consacrent la plupart de leurs loisirs, ils se créent un vaste réseau composé de passionnés comme eux et de scientifiques renommés de l'époque. Ce réseau et leurs pérégrinations à travers le monde, surtout dans le cas d'Aristide, permettent de rassembler une riche collection couvrant les cinq continents, un large panel de familles de mollusques, de tout type d'environnement (marins, fluviatiles, terrestres). Longtemps exposée au public dans sa totalité, elle est partiellement mise en réserve à partir de 1963. L'inventaire et la numérisation des spécimens sont aujourd'hui en cours pour la faire sortir de l'oubli.



### LES MESSAGES CLÉS

- Les 2 278 espèces recensées sur près de 2 500 lots de coquilles couvrent tous les types de milieux, avec une large dominance des marins.
- La collection compte parmi ses contributeurs des personnages comme Bourguignat, l'abbé Dupuy, Mousson, Caillaud ou D'Orbigny.

### HISTOIRE DE LA COLLECTION

La collection a été en grande partie constituée par les Letourneux, famille de notables connue en Vendée et dans les Pays de la Loire, qui compte au XIX<sup>e</sup> siècle plusieurs passionnés de sciences naturelles. Tacite Letourneux, l'instigateur de la collection, né en 1804 à Rennes et mort en 1880, a fait toute sa carrière dans la magistrature, devenant juge de paix, puis président du Tribunal civil de Nantes. Dès l'enfance, il commence à étudier la botanique et réalise son premier herbier. C'est au

cours de récoltes de plantes qu'il en vient à s'intéresser à la malacologie (et à l'entomologie), dès les années 1840, et à constituer une importante collection de mollusques continentaux. Membre de la Société botanique, de la Société malacologique de France et de la Société pour l'Avancement des Sciences, il devient ami avec un certain nombre de scientifiques de son époque, notamment James Lloyd, botaniste nantais, et Jules-René Bourguignat, dont il est un fervent soutien. On lui connaît essentiellement une publication, en 1869 : *Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles recueillis dans le département de la Vendée et plus*

particulièrement dans l'arrondissement de Fontenay-le-Comte, publié en collaboration avec Bourguignat qui a effectué les vérifications des déterminations.

À l'occasion de cette publication, Tacite Letourneux décrit deux nouvelles espèces, *Helix vendeana* et *Valvata bourguignati*, dont on ignore actuellement où elles se trouvent : ces deux espèces étaient manquantes lors de l'inventaire de la collection effectué à son arrivée au Muséum d'Angers.

Son principal collaborateur sur la collection a été son neveu Aristide-Horace Letourneux. Né en 1820 à

Rennes et mort en 1890 dans un accident de cheval pendant une expédition scientifique, lui aussi magistrat, il a beaucoup voyagé à travers l'Europe et l'Afrique du Nord et a terminé sa carrière comme conseiller à la cour d'appel d'Alger. Passionné de linguistique (il parlait vingt langues !) et, comme son oncle, de botanique, de malacologie et d'entomologie, il a notamment effectué de nombreuses récoltes en Afrique du Nord. Cependant, il n'avait pas l'âme d'un collectionneur. Il récoltait les spécimens, les étudiait minutieusement, les classait, les publiait mais il ne les conservait pas et en faisait profiter ses amis et parents. Il a ainsi contribué aux herbiers de James Lloyd, aux collections malacologiques de son oncle et de Bourguignat, et aux collections entomologiques de Maurice Pic et de Leprieur notamment. Ces derniers ont donné son nom à des espèces qu'il a découvertes, pour le remercier de ses contributions à leurs collections. Membre de la Société botanique de France, il est également membre fondateur de la Société malacologique et a publié de nombreux travaux dont *la Kabylie et les coutumes kabyles* (1872), publié avec le général Hanoteau, et en malacologie, *Prodrome de la malacologie terrestre et fluviatile de la Tunisie* (1887).

La collection Letourneux compte également parmi ses contributeurs des personnages reconnus dans le domaine de la malacologie, comme Bourguignat, l'abbé Dupuy, Mousson, Caillaud, D'Orbigny, mais aussi Jean-Baptiste Lamarck, Louis Charles Kiener ou Gérard-Paul Deshayes.

En 1907, Émile Letourneux, le fils de Tacite, décide de donner la collection au Muséum d'histoire naturelle d'Angers, contre une obligation d'exposition des coquilles. Dès son arrivée au Muséum, la collection est inventoriée par Olivier Couffon et Théodore Surrault qui en publient un catalogue en 1909. Cette publication est essentielle, car elle représente un état des lieux avant tout mouvement. En 1963, lors du déménagement de la collection du Logis Barrault (aujourd'hui Musée des Beaux-arts d'Angers) vers les locaux actuels du Muséum dans l'hôtel Demarie, une partie est mise en réserve tandis que l'autre est exposée puis, au fil du temps, la collection entière rejoint les réserves.

Une révision partielle de ses mollusques continentaux est effectuée par Jean Vimpère en 2006, uniquement sur les spécimens de Vendée de Tacite. Et, depuis 2023, l'inventaire de la collection est en cours. Les différents déménagements ayant engendré des mélanges, un travail de tri considérable est mené pour réassocier les spécimens à leurs anciennes étiquettes, écrites pour la plupart par les récolteurs. Ces données ont été informatisées et numérisées.



FIGURE 1 : Un carton de déménagement datant des années 1960, constitué d'une continuité de cuvettes en étages séparés par du journal.

## **■ PATRIMOINE SCIENTIFIQUE DE LA COLLECTION LETOURNEUX**

La collection dispose encore de nombreuses étiquettes écrites par Tacite Letourneux, comportant la détermination, la référence du livre qui a servi à la détermination, la provenance et, élément assez exceptionnel en malacologie, les noms des récolteurs et expéditeurs. Tacite Letourneux avait établi un code pour les étiquettes,

avec une couleur par continent : le bleu clair pour les Amériques, le vert pour la France, l'orange pour l'Afrique, le bleu foncé pour l'Europe, le jaune pour l'Asie, le Moyen-Orient et l'Inde, le marron pour l'Indonésie et l'Océanie. Cette classification très visuelle est assez rare pour être mentionnée.

L'inventaire étant toujours en cours, le bilan global est pour l'instant une compilation des données tirées du catalogue de Couffon et Surrault de 1909. Cette collection de 2 278 espèces recensées pour près de 2 500 lots de coquilles couvre tous les types de milieux, avec une large dominance des marins, qui constituent les trois quarts de la collection, tandis que les espèces fluviatiles et terrestres se partagent le dernier quart. Les échantillonnages proviennent de tous les continents (Amériques, Afrique, Océanie...), avec une prédominance de la représentation des malacofaunes africaine et européenne, et de tous les océans, avec une large dominance de l'Océan Indien, due à un expéditeur officier de la Marine, M. Eudel. Les malacofaunes russes et nord-européennes sont en revanche faiblement représentées. Pour l'anecdote, il semblerait que la collection comporte un spécimen provenant du Voyage scientifique de la Recherche : *Yoldia limatula* (Say, 1831).

En ce qui concerne la malacologie continentale, l'inventaire est terminé et recense 635 lots pour plus de 3 000 coquilles, avec une moitié de terrestres et une moitié de fluviatiles. La provenance géographique est connue pour les trois quarts de ces lots, nettement dominée par la représentation des faunes africaines et européennes (plus de 72 % de la collection) et une bonne représentation des Amériques. Concernant plus spécifiquement la faune terrestre, 357 lots ont été inventoriés pour 1 372 coquilles, en provenance majoritairement d'Europe et d'Afrique, avec un seul lot venant de Russie (*Helix cincta* Müller, 1774) et peu de spécimens d'Asie, d'Inde et d'Océanie. Concernant la faune fluviatile, l'inventaire est terminé mais la numérisation est encore en cours. Sur les 278 lots inventoriés, pour 1 726 coquilles, on compte près de 60 % de bivalves, dont un grand nombre d'*Unio* qui proviennent essentiellement d'Amérique du Nord.



FIGURE 2 : Code couleur par continent de provenance servant à la classification des échantillons.

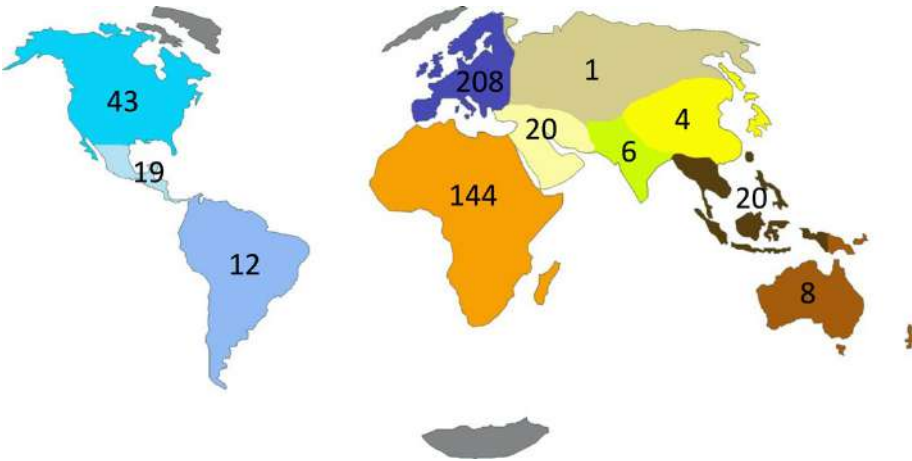


FIGURE 3 : Carte de répartition des récoltes pour les faunes continentales.

L'importance de cette collection est également liée au fait qu'elle comporte près d'une cinquantaine de types, dont 8 lots de spécimens SYNTYPES de mollusques terrestres, et 14 de mollusques fluviatiles.

Un certain nombre de spécimens sont indiqués sur les étiquettes comme des « cotypes » mais, leur origine n'ayant pu être retracée, elles n'ont pas été considérées comme des échantillons de référence.

**SYNTYPES de gastéropodes terrestres :**

- *Helix pachya* (Bourguignat, 1864)
- *Helix henoniana* (Bourguignat, 1870)

- *Helix zonitomaea* (Letourneux, 1870)
- *Helix faidherbiana* (Bourguignat, 1868)
- *Helix cyrtolena* (Bourguignat, 1860)
- *Helix catodonta* (Bourguignat, 1878)
- *Helix waandersiana* (Mousson, 1857)
- *Helix histriana* (Bourguignat, 1878)

**SYNTYPES de bivalves :**

- *Pisidium jaudouinianum* (Gassies, 1855)

- *Unio bayonnensis* (Folinet Bérillon, 1877)
- *Anodonta melinia* (Bourguignat, 1865)
- *Anodonta subponderosa* (Dupuy, 1849)
- *Unio mauritanicus* (Bourguignat, 1868)
- *Unio subreniformis* (Bourguignat, 1865)
- *Anodonta gratelupeana* (Gassies, 1849)
- *Unio rothi* (Bourguignat, 1865)
- *Anodonta embia* (Bourguignat, 1864)
- *Anodonta rossmassleriana* (Dupuy, 1843)
- *Unio niloticus* Cailliaud, 1827
- SYNTYPES de gastéropodes aquatiques :
- *Vivipara occidentalis* (Bourguignat, 1870)
- *Ampullaria scutata* (Mousson, 1849)
- *Digyreidum corcyrensis* (Letourneux, 1887)
- Aristide Letourneux est le créateur du genre *Digyreidum*.

## INTÉRÊT GLOBAL

Outre son intérêt muséal et historique, cette collection d'importance patrimoniale, en matière de quantité de matériel et de diversité des espèces, mérite d'être portée à la connaissance des scientifiques. La présence de spécimens de référence peut venir alimenter la nomenclature et permettre d'effectuer des révisions taxonomiques. D'autre part, pour un certain nombre de lots, le sédiment du lieu de récolte, pris dans les hélices des spécimens, a été conservé, ainsi que des restes d'organismes et d'autres espèces encroûtantes ou opportunistes (bernard-l'ermite, balanes...), marqueurs du fonctionnement de l'écosystème. Ces éléments pourraient être utiles à l'étude environnementale des espèces et nous apporter de nombreuses informations sur notre biohistoire à travers les données environnementales et écologiques des sites récoltés, constituant une sorte de temps zéro malacologique pour de nombreuses localités.

En attendant l'article qui devrait être publié au terme de ce travail, toutes les informations liées à l'inventaire sont disponibles sur le site internet du Muséum d'Angers : <https://museum-angers.opacweb.io/fr>

## RÉFÉRENCES

- Couffon O. & Surrault T., 1909, *Collection malacologique T. Letourneux offerte au Musée d'Histoire Naturelle de la ville d'Angers par M. le Commandant E. Letourneux - Catalogue*. Angers, Germain et G. Grassin, Imprimeur-Editeurs.
- Hanoteau A. & Letourneux A., 1972. *La Kabylie et les coutumes kabyles*. Paris, Imprimerie Nationale.
- Letourneux T., 1869. *Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles recueillis dans le département de la Vendée et particulièrement dans l'arrondissement de Fontenay-le-Comte*. Paris, Imprimerie et Librairie de M. V. Bouchard-Huzard.

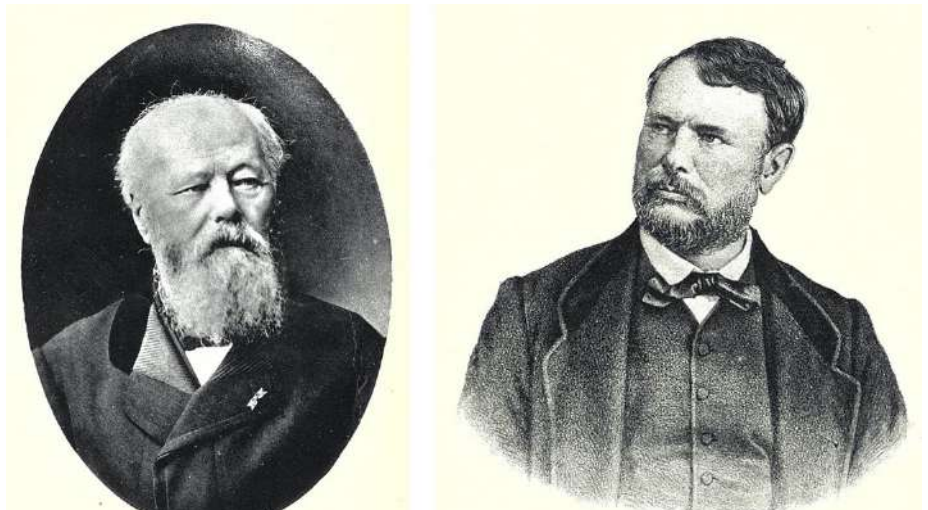


FIGURE 4 : Tacite (à gauche) et Aristide-Horace Letourneux (à droite).

- Vimpère J., 2006. Révision taxonomique des mollusques continentaux du catalogue de Tacite Letourneux (1869) et découverte d'anciennes mentions de mollusques signalés en Vendée. *Le Naturaliste vendéen*, n°6 : 9-18.
- Pic M., 1908. Aristide Letourneux entomologiste. *Bulletin de SESA*, n°38 : 11-14.
- Letourneux A. & Bourguignat J.-R., 1887. *Exploration Scientifique de la Tunisie, prodrome de la malacologie terrestre et fluviatile de la Tunisie*. Paris, Imprimerie Nationale.
- Letourneux A., 1887. Aperçu monographique sur le genre *Digyreidum*. *Bulletin de la Société Malacologique de France*, Tome 4 : 67-72.
- Audibert C., 2021. Découverte d'une collection Bourguignat au musée des Confluences à Lyon. *Colligo*, 3(2) : 37-71.



## QUESTIONS-RÉPONSES

Quentin WACKENHEIM, LGP : **Est-ce que la collection comprend des coquilles continentales fossiles ?**

R. Non, la collection ne compte que des coquilles actuelles.

Mohamed GHAMIZI, MHN Marrakech : **Avez-vous une idée précise des lieux de récolte en Afrique du Nord ?**

R. Essentiellement l'Algérie, mais également l'Égypte car Aristide a été en poste à Alexandrie, un peu de Maroc et de Tunisie et, par intermédiaire de leur réseau, des populations conséquentes en provenance de la Réunion, de Madagascar et de l'Île Maurice.

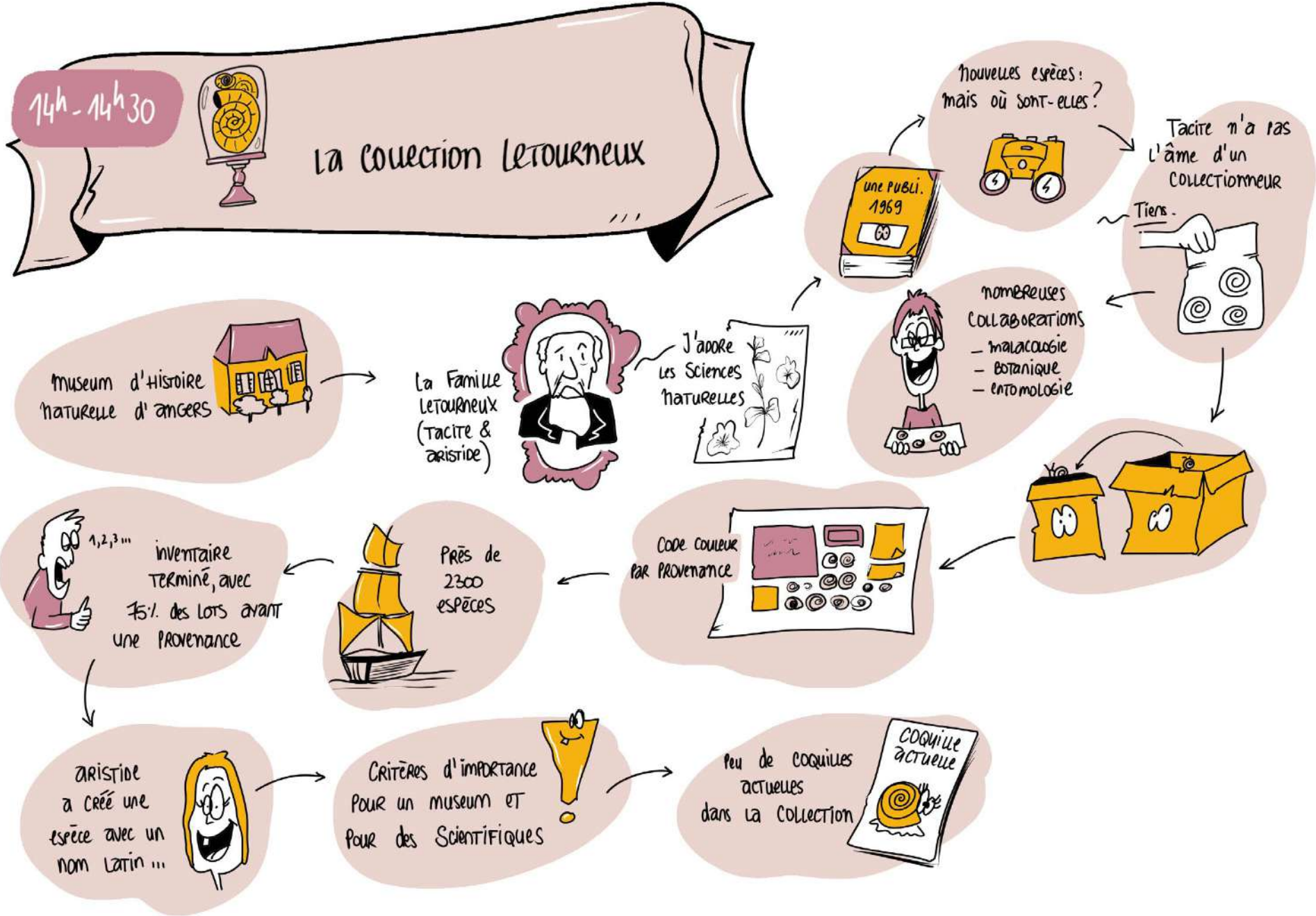
Olivier MOINE, LGP : **Les types qui vous manquent dans certaines espèces ne pourraient-ils pas être conservés quelque part dans la descendance ?**

R. On peut se demander si Émile, par affection pour son père, n'a pas gardé quelques spécimens mais je pense plutôt que, connaissant leur valeur scientifique, il les a déposés dans une institution,

mais j'ignore laquelle. À cette époque, on faisait souvent des séries types conséquentes pour les envoyer à des collègues. Il est donc fort probable que ces spécimens soient conservés dans d'autres collections. Peut-être les a-t-il envoyés à Bourguignat qui les aurait fondus dans sa collection. Pour l'instant, je suis toujours à la recherche de ces spécimens.

Lilian LÉONARD, PatriNat : **Est-ce que l'on sait si des dépôts de la collection Letourneux sont disponibles dans d'autres muséums ?**

R. Les scientifiques de cette époque ont déposé leurs propres collections dans différents muséums : Bourguignat à Genève pour qu'elle soit avec celle de Lamarck, d'Orbigny et Cossmann à Paris, l'herbier de Lloyd est arrivé au muséum d'Angers. La plupart des muséums possèdent des collections assez anciennes, datant du XIX<sup>e</sup> siècle, mais très peu d'échantillonnages récents. Je lance donc un appel : de nombreuses constitutions de collections sont faites pour les études actuelles et il sera intéressant de penser à leur conservation à très long terme.



# RELATION ENTRE LA MALACOFAUNE CONTINENTALE FORESTIÈRE ET LES PEUPELEMENTS FORESTIERS DE LA RÉSERVE BIOLOGIQUE INTÉGRALE DU BOIS DES RONCÉS (HAUTE-MARNE)

## Le rôle de la malacologie pour étudier les apports d'un protocole de suivi des réserves forestières

**Nicolas MALÈVRE** - Office national des forêts - Haute-Marne, chef de projet environnement  
**Xavier CUCHERAT** - Bureau d'études Arion.idé



Dans une démarche de gestion forestière plus proche de la nature, le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) permet d'appréhender de façon simultanée un certain nombre de variables simples qui traduisent la dynamique naturelle du bois mort des forêts françaises. Il a donc pour objet de participer à l'évaluation de l'état de conservation initial de la forêt étudiée et de suivre la dynamique des peuplements dans le temps et dans l'espace et, *in fine*, leur niveau de naturalité.

Les gastéropodes terrestres présentant des atouts pour évaluer la conservation des habitats forestiers. L'Office national des forêts (ONF) a souhaité mener des investigations sur ce groupe faunistique sur la Réserve biologique intégrale (RBI) du Bois des Roncés dans l'objectif d'étudier les relations entre les variables du protocole PSDRF et la richesse spécifique des gastéropodes terrestres à l'échelle de la RBI. A terme, le suivi de ces taxons pourrait apporter des outils supplémentaires pour évaluer les résultats obtenus sur les habitats forestiers selon les modes de gestion choisis.

### LES MESSAGES CLÉS

- 🗣️ L'étude confirme que les limaces seraient des bio-indicateurs de maturité des peuplements forestiers.
- 🗣️ Cette étude mériterait d'être étendue à d'autres massifs forestiers moins homogènes, également sous PSDRF, pour comparer notamment forêts gérées et forêts non gérées.

### CONTEXTE

La RBI du Bois des Roncés se situe en Haute-Marne, sur le plateau de Langres, dans le cœur du Parc natio-

nal de forêts. Composée principalement de hêtraies, elle offre, comme les autres RBI de l'ONF, un espace de libre évolution pour des habitats forestiers. Parmi ses particularités :

une grande part de boisements qui n'ont pas connu d'exploitation depuis au moins cinquante ans et la présence de boisements post-tempête de 1999, qui ont connu une mise en lumière

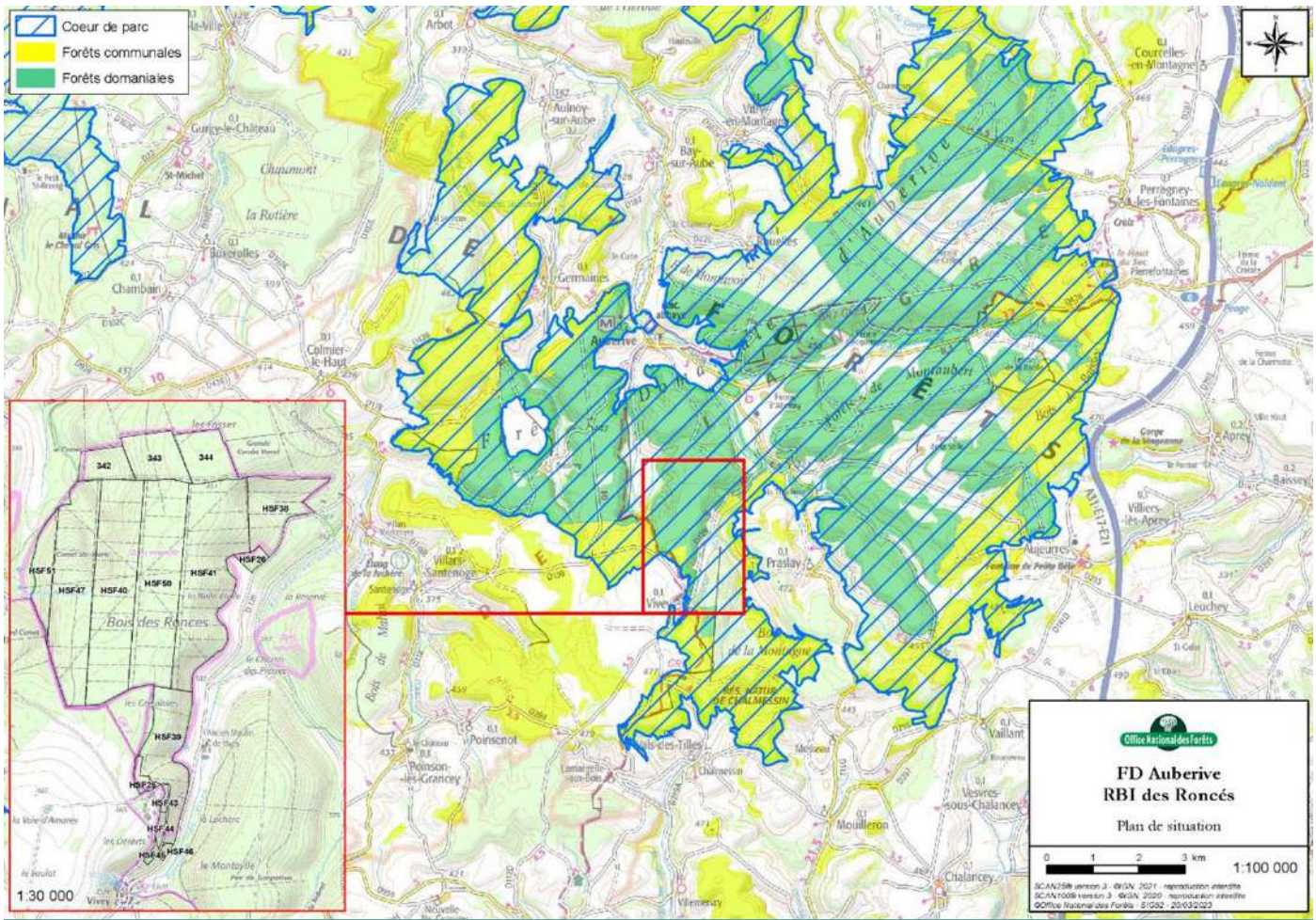


FIGURE 1 : Carte de localisation de la Réserve biologique intégrale du Bois des Roncés – Forêt domaniale d’Aube (52).

brutale. Cette réserve héberge une richesse spécifique animale et végétale ordinaire élevée, tout en hébergeant quelques espèces patrimoniales fortes.

De nombreuses études ont été menées dans cette réserve pour connaître son état de conservation et l'évolution des écosystèmes qu'elle héberge. Un travail de diffusion de la connaissance au sein de l'ONF et auprès d'autres gestionnaires d'espaces naturels est également réalisé. Afin de déterminer la fonctionnalité de cette réserve en libre évolution, l'ONF cherche à récolter de nouvelles informations sur de potentiels indicateurs. Les mollusques gastéropodes, composés en grande partie par des espèces à faible dispersion, correspondent parfaitement à cette stratégie.

Cette RBI est suivie par le PSDRF, mis en place par l'ONF et chapeauté par Réserves nationales de France, à travers un maillage systématique de 152

parcelles de 15 mètres de rayon sur l'ensemble de la réserve biologique. L'objectif est d'effectuer un inventaire tous les 10-15 ans afin d'étudier l'évolution de cette réserve, en particulier en ce qui concerne le type de bois mort et son origine, ainsi que les types de peuplements forestiers présents. Deux campagnes de mesures, en 2008 et 2020, ont permis de collecter de nombreuses données qu'il est

souhaitable de valoriser aujourd'hui avec les inventaires malacologiques menés, pour obtenir des co-variables explicatives des observations à l'échelle des parcelles. Entre 2008 et 2020, on constate une nette amélioration de l'état de conservation des habitats forestiers, notamment un gain en bois morts, ce qui montre que la réserve évolue.

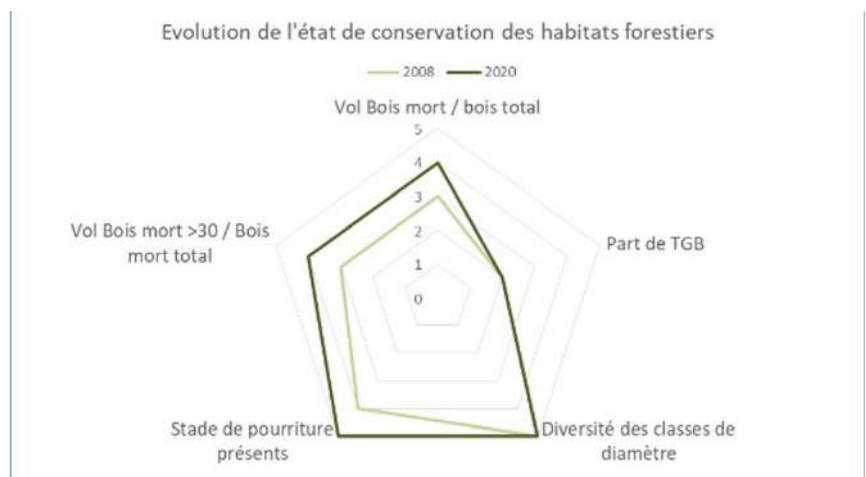


FIGURE 2 : Évolution de l'état de conservation des habitats forestiers.



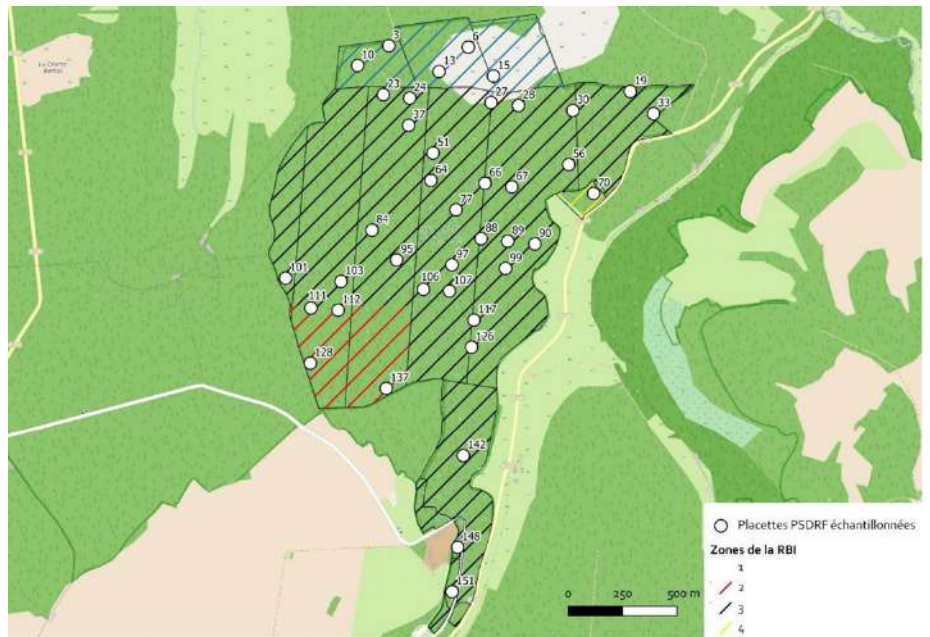
## ÉTUDE DES GASTÉROPODES TERRESTRES EN LIEN AVEC LE PSDRF

L'objectif de cette étude, menée en 2021 avec le partenariat du bureau d'études Arion.idé, a été d'évaluer si la malacofaune retranscrit des histoires de gestions passées et quelles variables du PSDRF semblent corrélées avec les observations faites sur le terrain. Il s'agit d'une étude exploratoire pour apprécier si ce protocole, conçu pour une autre utilisation, peut être appliqué aux études en lien avec les mollusques.

Les gastéropodes terrestres (escargots et limaces) sont des organismes peu mobiles, colonisant tous les types de milieux terrestres, sensibles aux variations des micro-habitats, ayant un cycle de développement direct, sans métamorphose, et réalisant l'intégralité de leur cycle biologique au même endroit (Falkner *et al.* 2001). Ils peuvent faire l'objet d'observations répétées au cours du temps et, dans le cas des escargots, laissent une trace par le biais de leur coquille. La malacologie, domaine peu exploré encore à l'ONF, présente des atouts majeurs pour mettre en œuvre des indicateurs de conservation du milieu forestier.

Le plan d'échantillonnage (fig.3) est basé sur 40 placettes, un compromis entre le coût et le nombre de placettes nécessaires pour effectuer une étude statistique.

La réserve est stratifiée en quatre peuplements différents : au nord (en bleu clair), les peuplements post-tempête de 1999, comportant des boisements relativement jeunes et sans intervention humaine avec des essences plus pionnières ; une zone ayant connu une pratique de gestion un peu plus intensive (en rouge) qui correspond à un ancien boisement dans lequel a eu lieu une importante coupe de taillis dans les années 1980-1990 ; la principale surface (en noir), non exploitée depuis plus de cinquante ans ; et une petite poche d'épicéas (en jaune), récupérée au début des années 2000, qui a subi



Traitement	Traitement	Nombre de placettes totales dans la zone (N = 152)	Nombre de placettes sélectionnées (n = 4)
1	1	17	5
2	2	15	4
3	3	119	30
4	4	1	1

FIGURE 3 : Plan d'échantillonnage et répartition des points d'inventaire.



FIGURE 4 : Protocole d'échantillonnage.

une coupe rase de ses peuplements et est depuis en libre évolution.

La sélection des placettes a été réalisée de façon aléatoire sous SIG parmi ces quatre peuplements.

Les techniques de collecte ont combiné la recherche à vue, y compris de nuit, et des prélèvements de litière avec tamisage et séchage (environ 12 litres de litière par placette). L'analyse de données s'est intéressée aux présences / absences sur les placettes. Des cadrages multi-dimension-

nels non-métriques et des Analyses Factoriels des Correspondances ont été réalisés pour explorer les structurations des peuplements.

Enfin, des corrélations entre richesses spécifiques totales, des limaces, des petites espèces et de grandes espèces ont été effectuées avec les variables du PSDRF.

## Résultats

En moyenne, 21,5 espèces différentes ont été recensées par placette, parmi lesquelles, outre les espèces forestières, quelques espèces un peu plus généralistes en milieu de lisière, et 9 espèces de limaces. Aucun résultat spécifique ne permet de dire que la structuration et l'histoire de ces peuplements influence la richesse spécifique de chaque placette, du fait de la relative homogénéité du milieu, un peu plus de 200 ha de boisements de hêtres. A ce titre, il serait intéressant de conduire des études similaires dans d'autres types de boisements ou d'autres secteurs géographiques afin d'obtenir des peuplements très différenciés.

En revanche, même si l'analyse des données est toujours en cours, les résultats montrent que les richesses spécifiques varient différemment en fonction des variables du PSDRF, avec une augmentation de la richesse spécifique en gastéropodes pour certaines variables et une diminution pour d'autres. Les limaces réagissent beaucoup à la présence de bois moyens ou de gros bois. Cette information tend à démontrer, en cohérence avec la bibliographie, que les limaces, données accessibles et peu explorées actuellement, seraient caractéristiques de la maturité de peuplement. Au sein de l'ONF, ces travaux incitent à mener davantage d'études malacologiques dans ses réserves.

Les gros escargots (> 5 mm) réagissent beaucoup à la présence du frêne, sans doute en raison de la richesse en calcium de la litière associée à cette essence par rapport à celle de hêtre. Quant aux petits escargots (< 5 mm), on note une diminution de leur richesse spécifique avec l'augmentation de la proportion de perchis de taillis. Selon la bibliographie, cela pourrait s'expliquer par le fait que, sur des parcelles comportant une grande quantité de taillis, des phénomènes de sécheresse au sol sont plus courants que dans des peuplements adultes. Ces espèces étant plus sensibles à la micro-aridité du sol, les impacts des dernières sécheresses successives se ressentiraient beaucoup plus sur ces taxons.

## PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Plusieurs perspectives sont envisagées :

- étendre ce travail à d'autres massifs forestiers moins homogènes, également sous PSDRF, et comparer forêts gérées et forêts non gérées. Des financements ont été demandés pour mener le même type d'étude sur la forêt domaniale et la forêt communale qui se situent à côté de la Réserve du Bois des Roncés ;
- améliorer la connaissance des facteurs influençant ces espèces ;
- déterminer s'il est possible d'utiliser la malacologie pour évaluer l'efficacité d'une trame de vieux bois ;
- déterminer les pratiques optimales de récolte de bois en faveur des mollusques terrestres.

## IMPLICATIONS POUR LA GESTION

Cette étude fait émerger de nombreuses idées dans l'optique de faire évoluer les pratiques de gestions sylvicoles :

- mener cette étude sur d'autres secteurs, réserves et forêt gérée ;
- pour la Réserve du Bois des Roncés, intégrer ces enjeux dans le plan de gestion ;
- programmer les suivis, selon une fréquence permettant de déterminer, et d'aboutir à l'évaluation fine de la fonctionnalité d'une trame de vieux bois dans un massif, afin de mesurer si les prises de décisions remplissent les objectifs de gestion fixés.



## QUESTIONS-RÉPONSES

Guillaume DOUCET, CEN Bourgogne : **Je suis un peu frustré par l'analyse des résultats, notamment pour le premier graphique qui cherche à comparer la diversité spécifique et les modes de gestion. On peut très bien avoir 10 espèces dans un peuplement et 10 dans un autre, mais que les espèces n'aient rien à voir entre elles. Il faudrait creuser beaucoup plus par rapport à chaque composition de cortège pour pouvoir en tirer des conclusions.**

R. Cela a commencé à être creusé sur les limaces. La première analyse est restée très synthétique en raison des temps de financement avec un rendu d'étude pour fin 2021. L'objectif, avec la nouvelle étude sur la forêt gérée, serait d'observer les espèces plus en détail. Le Parc national de forêts cherche également à travailler sur ces questions. De nouveaux résultats devraient pouvoir être présentés d'ici quelques années.

Sylvain VRIGNAUD, indépendant : **Il pourrait être intéressant d'étudier les mollusques sur les forêts anciennes.**

R. Je suis tout à fait d'accord. Pour nous, la malacologie pourrait apporter sa pierre à l'édifice, comme moyen de valoriser ce qui a été fait dans le passé, ce qui pourrait être fait dans le futur, et de communiquer auprès des propriétaires forestiers, les communes notamment, pour leur montrer que cela témoigne de forêts anciennes, et les convaincre d'aller vers plus de naturalité.

Claude BOUSCAILLOU, Bureau d'études Avis vert : **Est-ce qu'une piste d'explication de la présence des gros escargots ne serait pas plutôt que le frêne est une espèce beaucoup plus héliophile arrivant bien avant le hêtre, donc potentiellement sur des habitats soit en transition soit de jeunes peuplements ?**

R. Je n'ai pas de réponse à apporter. Je pense que cette question a été creusée par Xavier CUCHERAT (Arion.idé). Cependant, nos frênes sont aussi présents sur des stations avec des sols un peu plus frais, donc potentiellement des peuplements plus jeunes, plus ouverts, mais aussi plus humides. Il reste à creuser au niveau de l'espèce pour pouvoir déterminer plus finement des relations de cause à effet.

C.B., Bureau d'études Avis vert : **Étant donné que rien n'est spécifiquement ressorti par rapport à la présence de vieux bois, y a-t-il des éléments marquants issus de l'étude des coléoptères ?**

R. Nous n'avons pas exploré le lien coléo-malaco. Sur les coléoptères, notre approche a essentiellement été celle de l'inventaire. À voir s'il est possible de transposer les deux.

Lilian LÉONARD, PatriNat : **Je comprends que la strate arborée est l'unité de gestion pour vous mais, comme dans les résultats rien ne semble se dégager pour les communautés de mollusques, les sous-strates sont-elles envisagées pour la suite des analyses ?**

R. L'une des difficultés est la prépondérance du hêtre sur beaucoup de ces secteurs, avec quand même des milieux très différents sur certains secteurs, sur des surfaces beaucoup plus réduites. Je demanderai à Xavier CUCHERAT (Arion.idé) s'il a exploré ces possibilités sur ces milieux-là. Notre entrée était le peuplement arboré, au vu de notre problématique de gestionnaire forestier : le peuplement est ce que l'on voit et ce qu'on sait mesurer et observer dans la gestion courante. Mais entrer davantage dans l'écologie même du lieu pourrait bien sûr avoir un intérêt.

L.L., PatriNat : **Le tirage aléatoire des points de collecte est-il uniquement basé sur les unités de gestion arborées ? Ou prend-il en compte indirectement ces couches d'information pour permettre, outre l'analyse des unités de gestion basées sur les strates arborées, une analyse des autres strates, notamment herbacées, dans un second temps ?**

R. Dans le rapport de Xavier CUCHERAT (Arion.idé), je n'ai rien lu sur le fait que la carte habitat avait été utilisée en entrée.

Nicole LIMONDIN-LOZOUET, Laboratoire de Géographie Physique : **Les résultats de ces déterminations sont-ils accessibles ou le seront-ils ?**

R. Les résultats vont remonter au SINP puisque toutes les données naturalistes collectées dans le cadre de nos études sont entrées dans notre base de données naturalistes interne ONF. Il s'agit de données publiques, mais je ne sais pas quelles sont les conditions pour pouvoir y accéder et en combien de temps. Il faut solliciter Xavier CUCHERAT (Arion.idé) directement si cela est nécessaire. Un énorme travail d'archivage a été fait.

## LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE

Une étude malacologique sera menée en 2024 en forêt domaniale d'Auberive, sur la partie en production de la forêt (c'est-à-dire en dehors de la réserve) dans l'objectif de comparer les résultats obtenus avec ceux de la première étude ici présentée.

14h30-15h

Relation entre la malacofaune continentale forestière et les peuplements forestiers de la Réserve Biologique Intégrale du Bois des Ronces ...

on retrouve des indices de passage

Plan d'échantillonnage: 40 placettes

on gagne en compartiments et en bois mort

Collecte simple à mettre en oeuvre sur le terrain

attention! ne marche pas dessus!

9 espèces de limaces

mmh! du bois moyen et du gros bois...

OBJECTIF = Déterminer la fonctionnalité d'un espace

La malacofaune est quelque chose de nouveau pour nous

ne devrait-on pas faire plus de malaco?

Vous venez chez moi! attendez je vais ramener un peu!

Perspectives:

- étendre le travail à d'autres forêts
- forêts gérées / forêts non gérées

Vérifier que nos prises de décision vérifient les objectifs que l'on s'était fixés

# ÉTUDE DE LA MACROFAUNE DES LITIÈRES FORESTIÈRES DU PARC NATIONAL DES ÉCRINS

## Focus sur les mollusques continentaux et leur répartition entre forêts « anciennes » et « récentes »

**Damien COMBRISSE** – Parc national des Écrins  
**Rémy MOINE** – INRAE, unité BioSP  
**Julien PAPAÏX** – INRAE, unité BioSP



Cette étude s'intéresse à la distribution de la macrofaune des sols forestiers du Parc national des Écrins et explore les variables environnementales qui contribuent à la répartition de cette biocénose, à partir d'un échantillonnage basé sur les forêts « anciennes » et les forêts « récentes ». Les groupes taxonomiques récoltés ont fait l'objet d'une détermination spécifique suivie d'une évaluation, pour chaque espèce, de son abondance, de son niveau de patrimonialité et de son rattachement à un niveau trophique. Les variables environnementales de chaque placette ont également été recueillies.

Les premières analyses ont tenté de lier répartition de la malacofaune des sols forestiers et continuité forestière depuis 170 ans (trajectoire historique). La variation de la richesse spécifique en fonction des contraintes environnementales, la répartition des espèces patrimoniales et une approche fonctionnelle basée sur les niveaux trophiques compléteront ces résultats.

### LES MESSAGES CLÉS

- En 2020 et 2021, deux prélèvements de sol ont été réalisés sur 187 placettes, pour étudier 6 phylums : araignées, mollusques, coléoptères, myriapodes, fourmis, diplopodes et isopodes.
- La valeur d'unicité pour les mollusques, sur l'ensemble des stations, est assez haute : on recense des communautés d'espèces relativement différentes d'une station à l'autre.

## CONTEXTE

Support au développement de la vie sur terre, le sol est l'un des maillons essentiels participant au façonnage des écosystèmes. Tandis que s'organise « la production primaire » à sa surface, une diversité considérable d'espèces et d'interactions contribuent au maintien de son équilibre biologique. Au-delà de la connaissance taxonomique, l'étude de la macrofaune des sols forestiers ambitionne d'apporter des clefs de com-

préhension sur le fonctionnement local des écosystèmes forestiers.

### Contexte forestier dans le Parc national des Écrins

Le Parc national des Écrins, qui fête ses 50 ans en 2023, est un territoire de 140 000 hectares à cheval sur deux régions administratives : Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Il s'agit d'un territoire alpin de haute-montagne qui comporte encore quelques glaciers, sous

surveillance. La forêt couvre près de 40 % de la surface en aire optimale d'adhésion du parc et seulement 4 % du cœur protégé.

En montagne, la forêt, contrainte par un environnement déterminé par l'altitude, la pente et l'exposition, offre des faciès très diversifiés : sapinière en ubac, pinède à l'adret, forêts alluviales mixtes, et une essence autochtone, le mélèze. La forêt y a un rôle économique (production de bois), patrimonial (biodiversité et diversité paysagère), social (espace de détente

et de loisirs), énergétique et de protection (risques naturels).

Cette étude vise à identifier les facteurs environnementaux qui structurent la diversité des invertébrés au sein des litières forestières du Parc national des Écrins : facteurs historiques (occupation du sol, connectivité entre les forêts), biologiques (caractérisation des habitats), anthropiques (mode et historique de gestion). L'étude de la trajectoire historique, du type de milieu et de la gestion permettent d'expliquer la répartition des biocénoses de la macrofaune au niveau des sols, eux-mêmes soumis à une boucle de rétroaction du fait de l'interaction entre les phylums (proies-prédateurs).

## PROTOCOLE D'ÉTUDE

L'étude de la macrofaune des sols forestiers au sein du Parc national des Écrins repose sur un échantillonnage stratifié aléatoire se basant sur les forêts « anciennes » présentes sur la carte d'état-major de 1850, en vert foncé sur la carte (320 points), et sur les forêts « récentes » présentes à notre époque, en vert clair (430 points). Les points sont placés sur les nœuds d'intersection d'une grille projetée sur le territoire, espacés de 250 mètres et répartis sur les sept secteurs d'implantation du parc pour équilibrer la charge de travail des agents de terrain.

Les agents du parc se rendent au plus près des coordonnées XY indiquées pour chaque point. Il est parfois difficile de s'en approcher en montagne, en raison de la présence d'une barre, d'un éboulement... Puis la station est caractérisée selon trois échelles :

- au niveau global, sont renseignées les coordonnées exactes et l'altitude du point où se trouve l'observateur, l'espèce dominante, le peuplement forestier et l'indication peuplement mixte / mono-spécifique.
- dans un cercle de 5 mètres, une série de variables environnementales est recueillie : trois mesures de pentes réalisées

avec un déclinomètre indiquent la pente moyenne et son amplitude, tandis que différents objets biologiques au sol sont caractérisés en termes de recouvrement, de 0 à 100% (sol nu, présence de rochers, de blocs, de bois mort, de mousses, de litières, strates herbacées, arbustives ou arborescentes).

- deux prélèvements de sol sont réalisés sur deux cercles de 20 cm, ainsi que des mesures précises sur les sites de prélèvement, grâce à un outil 4 en 1, pour obtenir des variables de terrain correspondant à l'objet biologique d'étude : la température à 8 cm du sol, le taux d'humidité, le pH, l'ensoleillement et l'épaisseur de la litière.

En 2020 et 2021, les agents du parc ont réalisé deux prélèvements de sol sur 187 placettes d'étude. Chaque prélèvement de sol a fait l'objet d'un double tamisage à la maille de 1 cm puis à la maille de 5 mm, permettant de récolter dans des bacs de tri les phylums suivants : araignées, mollusques, coléoptères, myriapodes, fourmis, diplopodes et isopodes.

Une fois la récolte effectuée, les échantillons sont re-triés par groupe taxonomique et ré-indexés. Des lots par phylum sont préparés et envoyés aux partenaires pour la reconnais-

sance spécifique des taxons, dans le cas où le parc n'a pas la compétence en interne pour les analyser. Il est également demandé aux partenaires de renseigner dans la matrice le niveau trophique de chaque espèce, la patrimonialité de chaque taxon (espèces protégées, Listes rouges, outil d'évaluation de la patrimonialité interne au parc, qui score les espèces en fonction de différents critères).

Un stage de Master 1 a permis de soutenir le protocole en 2021 et, dans le cadre d'un projet tutoré, les étudiants du master 2 Espace et milieu de l'Université Paris-Cité ont durant trois mois amplifié le travail de recensement des variables sur la matrice stationnelle : ils ont calculé la distance de la lisière ou du cours d'eau les plus proches, l'index d'humidité des sols, le rayonnement, et travaillé sur la trajectoire historique de 1850 à aujourd'hui, l'occupation du sol n'étant pas obligatoirement continue sur ces 170 années. À partir de 5 dates prises sur les 187 stations et de photos aériennes du parc, ils ont établi un codage : 2- forêt, 1- Espace de transition, 0- discontinuité dans la forêt. Rémy Moine, ingénieur d'études, a été embauché par l'INRAE sur dix mois pour travailler à l'analyse et à la valorisation de ces données, sous la supervision de Julien Papaix et de Jean-Yves Barnagaud.

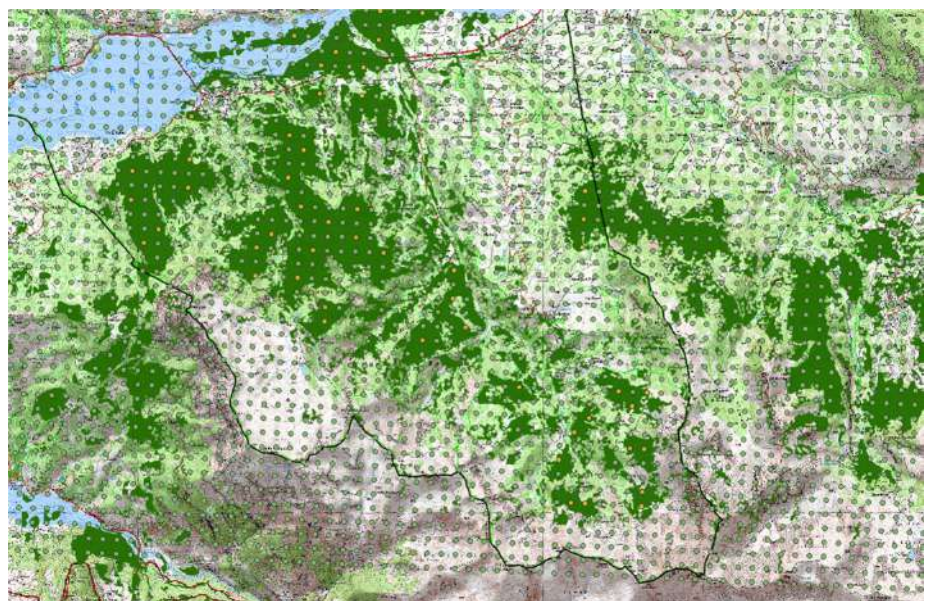


FIGURE 1 : Carte de localisation des forêts « anciennes » et « récentes » au sein du PN des Écrins et maillage des points d'inventaire.

## RÉSULTATS

L'analyse des données ayant débuté le 15 septembre 2023, les résultats présentés sont préliminaires et plusieurs pistes de recherche restent à explorer.

Sur les 187 stations échantillonnées, parmi lesquelles 90 étaient situées dans des forêts anciennes et 96 dans des forêts récentes, une seule n'était pas exploitable. 43 stations ont été exclues des résultats en raison de l'absence de coquilles de mollusques. De futures analyses pourraient permettre de relier la présence des mollusques à des conditions stationnelles, voire à des caractéristiques de peuplement.

L'observation du nombre de stations où est présente chacune des espèces et leur typologie selon que la forêt est ancienne ou non a conduit à identifier trois cortèges parmi les 48 espèces de mollusques identifiées (fig.2) : les

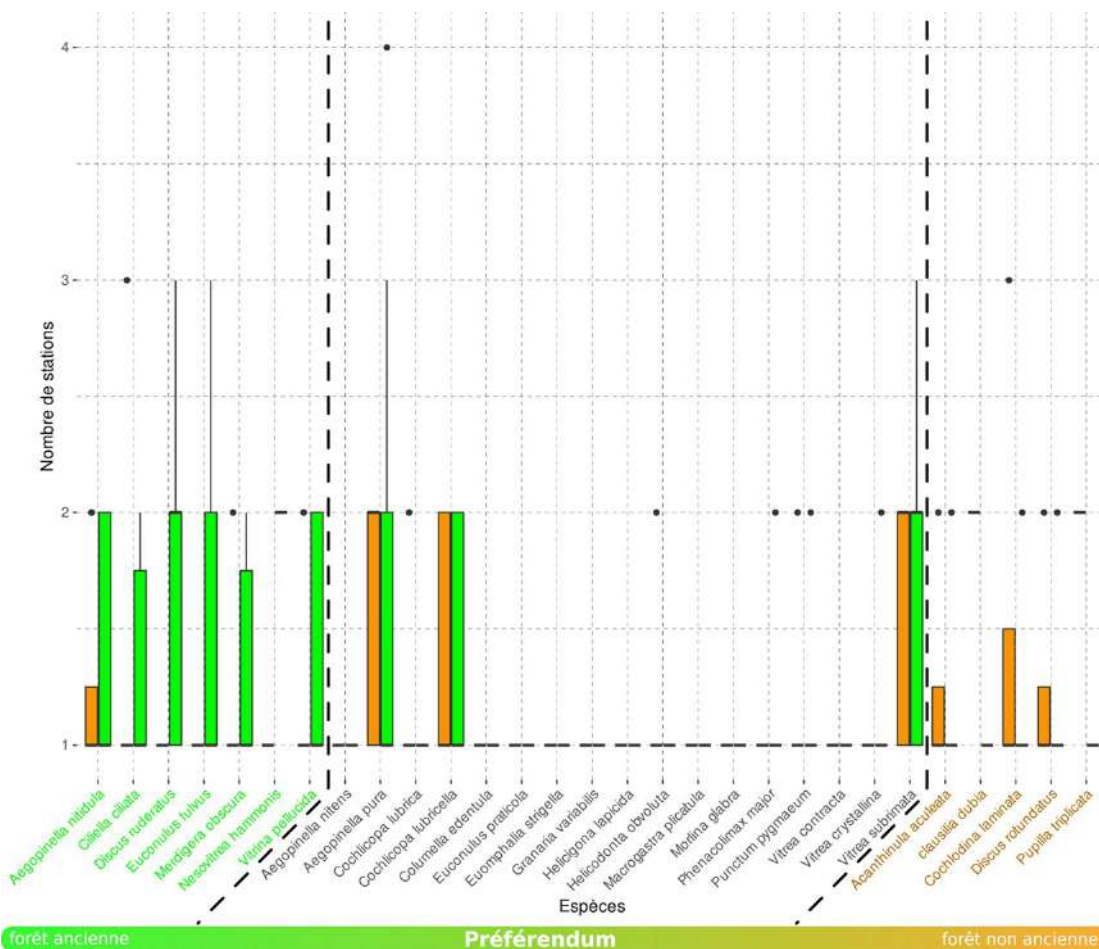
espèces présentes majoritairement dans des forêts anciennes (en vert sur la figure) ; les espèces communes, a priori sans préférence (au centre) ; les espèces présentes uniquement dans des forêts plus récentes, qui se sont développées après 1850 (en orange). Ces données tiennent compte uniquement de l'occurrence (le nombre de stations sur lesquelles ces espèces sont présentes) et non de l'abondance des espèces.

L'observation des deux cortèges composés des espèces présentes strictement sur des stations de forêts anciennes ou plus récentes est confrontée à un problème de puissance statistique : malgré le nombre de stations exploitable pour les mollusques (143), le matériel reste insuffisant, et plusieurs espèces peuvent être considérées comme rares.

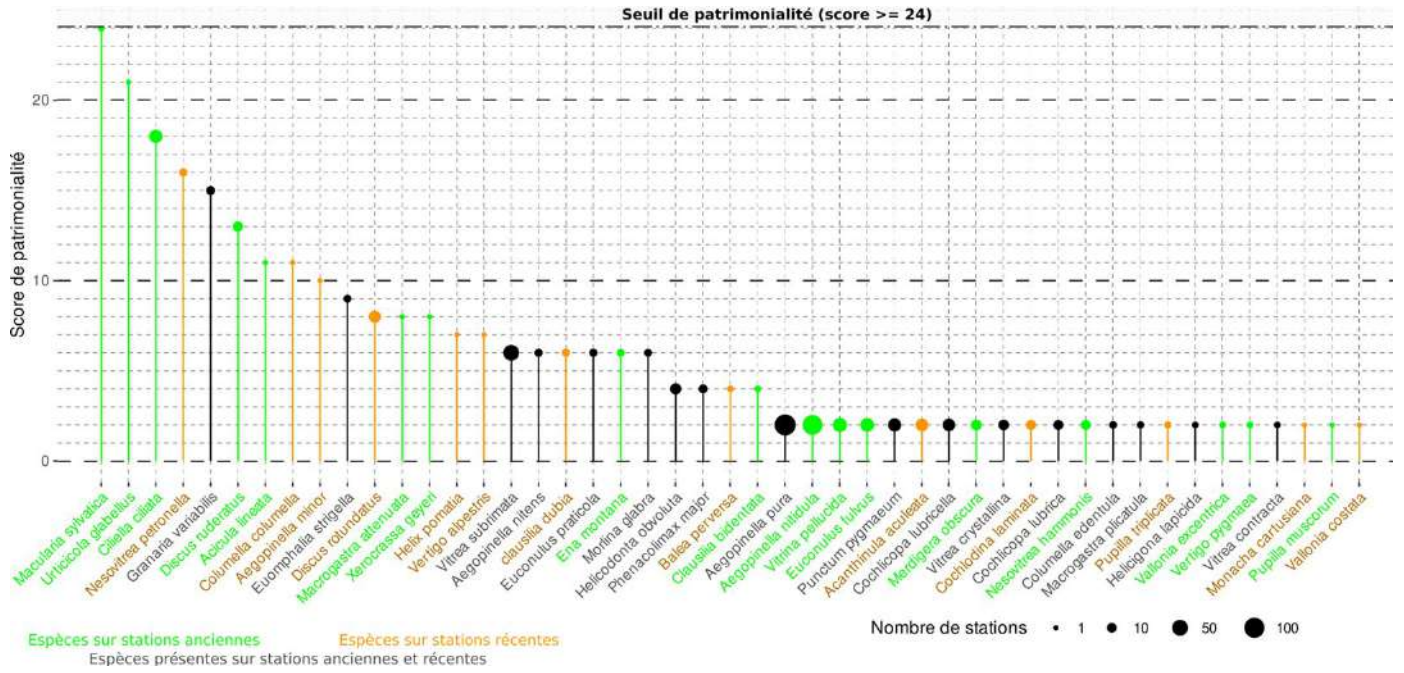
Les 48 espèces présentes ont également été étudiées en fonction de leur degré de patrimonialité, struc-

turé à partir d'une feuille d'évaluation, d'un score numérique (méthodologie de classement de la patrimonialité PNE). A priori, selon cette méthode de classement, une seule espèce de mollusque peut être considérée comme patrimoniale à l'échelle du Parc national des Écrins : *Macularia sylvatica*. L'observation à l'échelle des communautés montre cependant que les espèces qui ont un préférendum pour les forêts anciennes présentent un degré de patrimonialité plus élevé que celles qui ont un préférendum pour des forêts plus récentes. Une piste à suivre dans les prochains mois pour explorer la structure de ce jeu de données, tout en établissant les liens avec les caractéristiques stationnelles (fig.3).

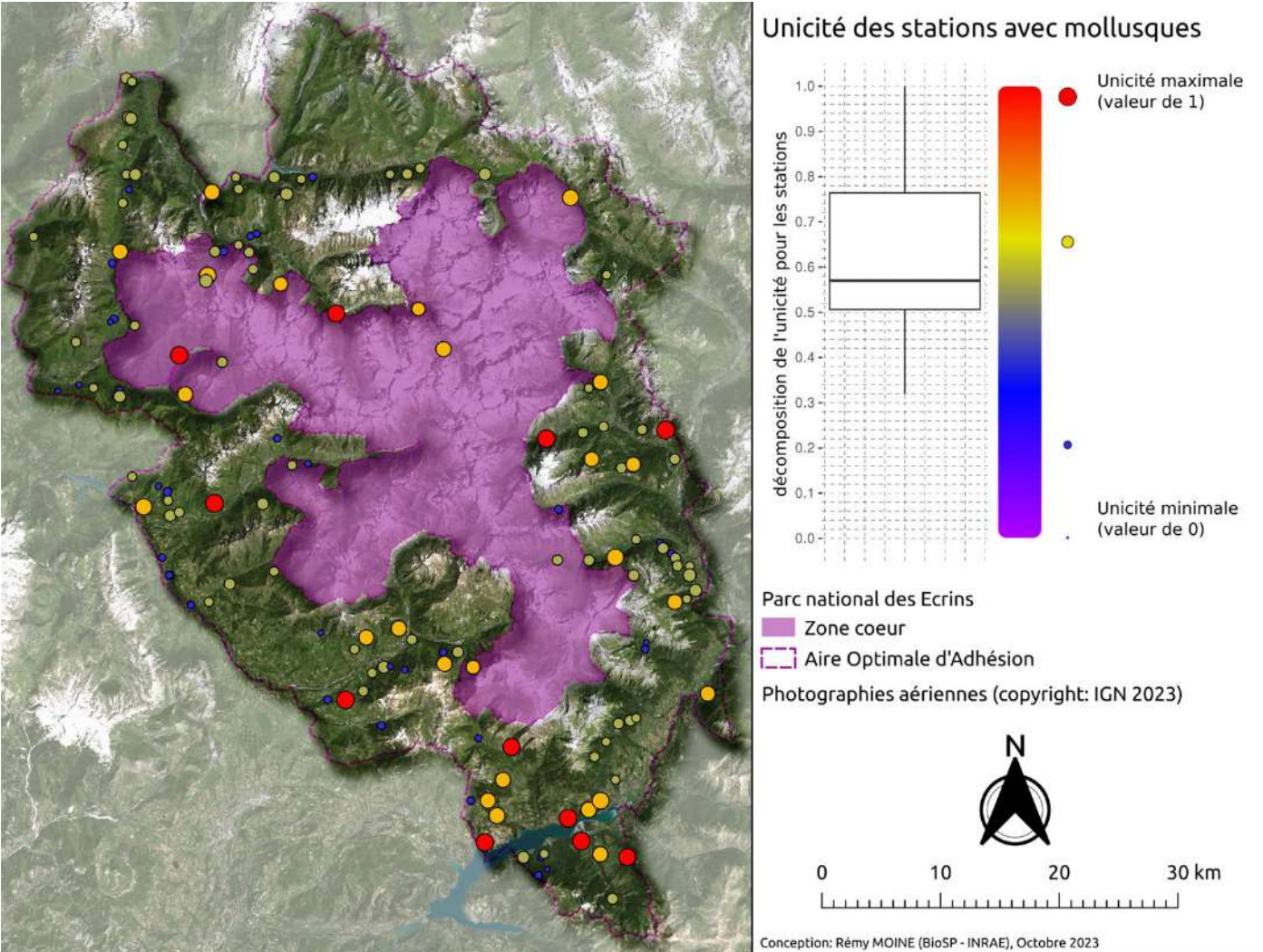
Autre axe d'approche utilisé, la diversité bêta indique à quel point des espèces différentes sont observées entre deux stations. Selon la projection cartographique de cette diversité bêta (i.e l'unicité de chacune des



**FIGURE 2 :** La présence des 48 taxons identifiés permet de générer 3 cortèges : espèces à préférence pour forêts anciennes (en vert), espèces à préférence pour forêts récentes (en orange) et espèces sans préférence (en noir).



**FIGURE 3 :** Classement des 48 taxons selon le score de patrimonialité PNE.



**FIGURE 4 :** Unicité des stations avec mollusques.



stations), plus une station tend vers 1 (unicité maximale), moins les espèces observées sur cette station se retrouvent sur d'autres stations.

La figure 4 montre que la valeur d'unicité pour l'ensemble des stations et pour le phylum des mollusques est relativement haute : on recense des communautés d'espèces relativement différentes d'une station à l'autre. Dans le sud du parc, on observe une concentration de stations montrant un degré d'unicité très haut, sortes de hotspots, probablement en lien avec des territoires tels que le label Forêt d'Exception® de la forêt de Boscodon et la hêtraie relictuelle de Réallon, espaces reconnus pour leur richesse.

La comparaison du degré d'unicité des stations de forêts anciennes et de celles de forêts plus récentes semble faire apparaître un degré d'unicité particulièrement homogène chez les forêts anciennes (fig.5).

En revanche, chez les forêts plus récentes on observe autant de stations ayant de nombreuses espèces en commun que de stations comportant des espèces uniques.

## CONCLUSION

Les premiers résultats de cette étude permettent donc de dégager des cortèges d'espèces répartis entre modèle historique ancien et récent, toutefois sans puissance statistique. On observe un signal intéressant sur la répartition des espèces les plus patrimoniales plutôt dans les forêts anciennes, ce qui incite à poursuivre et approfondir l'exploration et l'analyse des données. La question de l'unicité stationnelle reste à creuser afin d'observer les espèces de manière intrinsèque, de les lier à certaines mesures de traits, mais surtout d'établir une différence d'hétérogénéité en fonction de l'ancienneté de l'écosystème forestier.

La limite la plus évidente de l'étude, au vu des premiers résultats, reste le signal faible caractérisé par des espèces rares : malgré les 187 stations, le matériel collecté n'est pas suffisant pour capter les espèces à faible répartition ou les taxons rares, alors même qu'ils constituent probablement les espèces les plus indicatrices d'une trajectoire historique. D'où la nécessité d'amplifier le nombre de réplica pour améliorer la détectabilité de ces espèces.

Il reste difficile d'interpréter les résultats en se basant uniquement sur l'idée de trajectoire historique. Sur ce plan, les résultats préliminaires rejoignent les travaux de Philippe Janssen sur les plantes et les collemboles dans la perspective de continuité forestière : il n'a pas constaté d'influence de la trajectoire forestière d'occupation du sol sur la flore et les collemboles, mais plutôt un rôle des facteurs locaux (propriétés du sol et ouverture du couvert forestier). « *Ni la richesse en espèces de plantes ni celle des collemboles n'étaient influencées par la continuité forestière ou par la maturité des peuplements. Au lieu de cela, les caractéristiques spécifiques du site, en particulier les propriétés du sol et l'ouverture du couvert forestier, ont joué un rôle majeur dans la formation de la richesse aérienne et souterraine.* » (Janssen et al. 2017).

Les variables environnementales et les traits fonctionnels des taxons (réseaux trophiques) vont être intégrés aux prochaines analyses dans le cadre d'une étude multi-taxons, afin d'appréhender les relations entre les différents phylums en termes de concurrence. L'étude des autres phylums permettra également de pallier en partie le manque de puissance statistique sur les mollusques.

## RÉFÉRENCES

- Combrisson D. & Maillard D., 2016. *État des lieux sur la connaissance de la malacofaune du Parc national des Écrins : l'exemple de l'Embrunais State of the art on the knowledge of the non-marine molluscs of Ecrins national Park: the case of the Embrunais.*

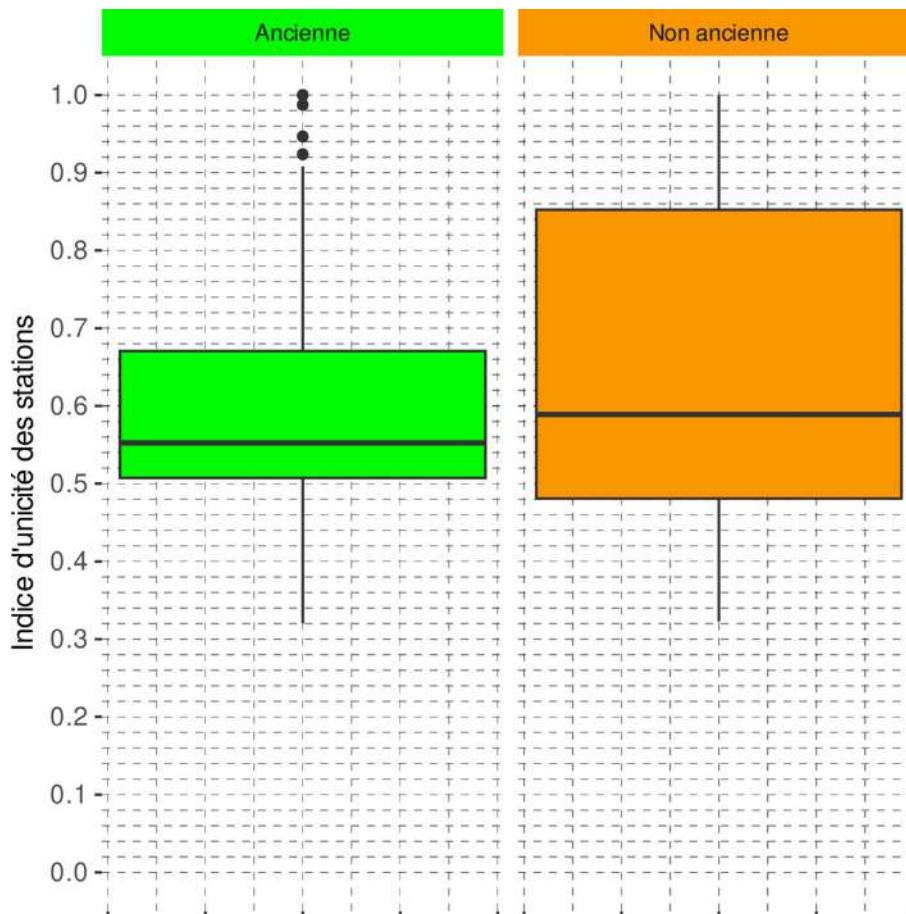


FIGURE 5 : Comparaison des indices d'unicité des stations entre forêts anciennes et non anciennes.

– Janssen P., Bec S., Fuhr M., Bouget C., 2017. L'ancienneté n'est pas un déterminant majeur de la biodiversité dans les massifs forestiers des Préalpes du Nord. *Revue forestière française*, 69 (4), pp.427-440. <https://doi.org/10.4267/2042/67870>

– Janssen P., 2016. *Influences relatives de l'ancienneté et de la maturité sur la biodiversité : impli-*

*cations pour la conservation en forêts de montagne* [en ligne], PhD thèse (s.l., Université Grenoble Alpes), <https://theses.hal.science/tel-01692876>

– Janssen P., Bec S., Fuhr M., Taberlet P., Brun J.-J., Bouget C., 2017. Present conditions may mediate the legacy effect of past land-use changes on species richness and composition of

above- and below-ground assemblages, *Journal of Ecology*, 106, 1, pp. 306-318.

– Mollier S., 2023. *Écologie historique et conservation de la biodiversité des forêts anciennes dans les espaces protégés de montagne : une approche multi-taxonomique* [en ligne], PhD thèse (s.l., Université de Grenoble-Alpes), <https://hal.science/tel-04161058>



## QUESTIONS-RÉPONSES

Olivier GARGOMIGNY, PatriNat : ***Vu la taille du territoire prospecté, n'y a-t-il pas un biais de saisonnalité ? Pour les escargots, ce n'est pas très grave, mais pour d'autres espèces, ça peut l'être. Autre question : avez-vous testé plusieurs indices de diversité bêta et obtient-on toujours le même signal ?***

R. Cette question de la saisonnalité a bien entendu été posée. Nous n'avons pas trouvé d'évolution de richesse spécifique ni de détectabilité selon les saisons. Concernant la diversité bêta, la question s'est posée du bon indice à utiliser. Pour le moment, nous n'avons pas fait de comparaison entre les indices mais, en se basant sur la bibliographie, nous avons fait un choix le plus éclairé possible à mettre en œuvre sur la mesure de la diversité bêta (distance d'Hellinger).

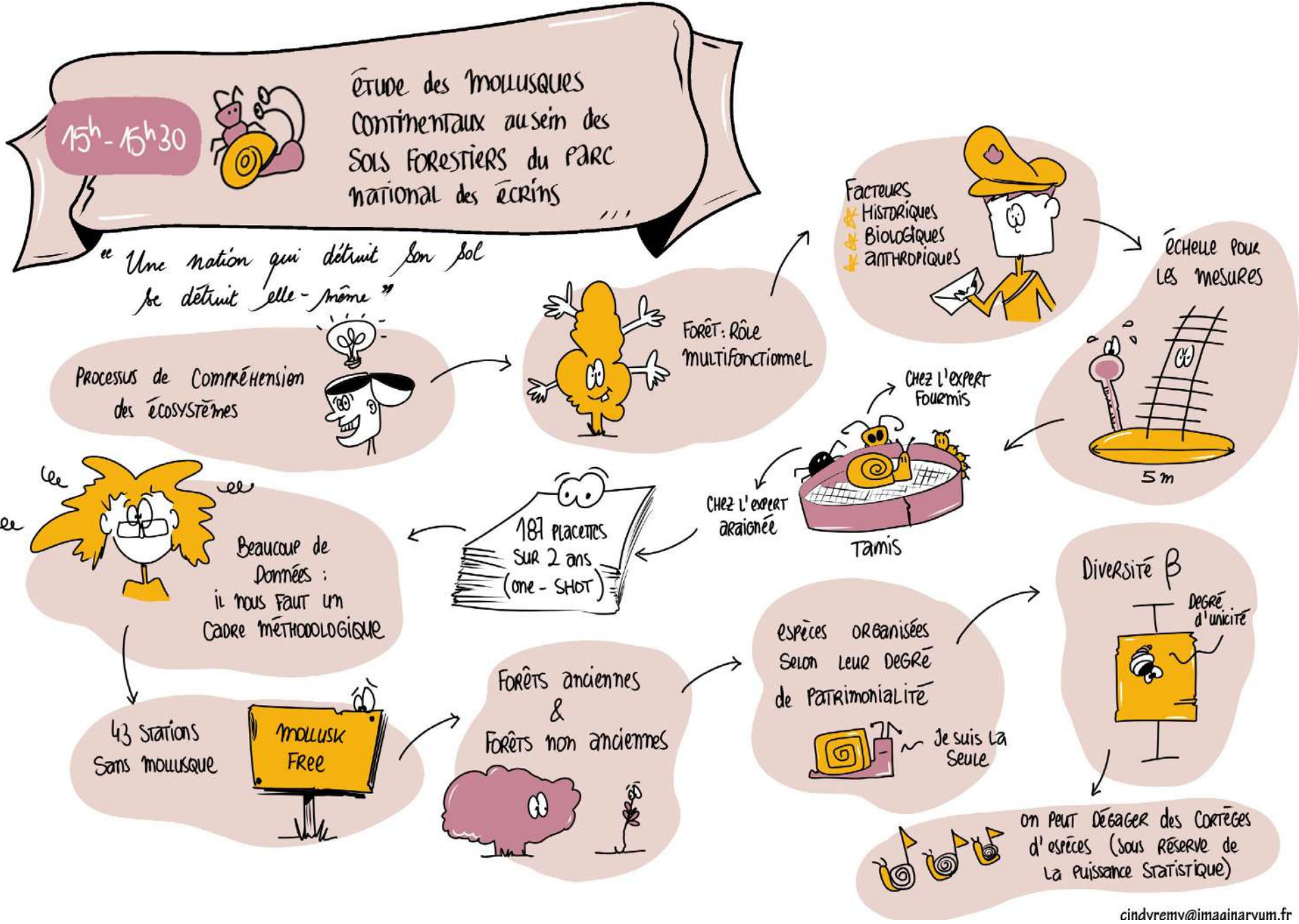
Francis RAOUL, Université de Franche-Comté : ***Avez-vous essayé de voir dans quelle mesure il y a une structuration spatiale de la composition des communautés ?***

R. C'est une idée qu'on peut creuser mais, dans cette première phase, les approches exploratoires ont été privilégiées pour essayer de comprendre la structure du jeu de données. Poser

ces résultats sur la carte, identifier des corridors, des hotspots, donne à ces résultats une portée opérationnelle de gestion du territoire. C'est tout l'intérêt de coupler l'approche d'un Parc national, gestionnaire, et de l'INRAE, structure de recherche.

Jean-Michel BICHAIN, SHNEC : ***Dans les Vosges, nous avons des résultats assez similaires. En revanche, dans des milieux de montagne, une diversité importante a été observée dans des spots très particuliers (pieds de couloirs d'avalanche, éboulis froids...). C'est dans les zones d'érablaies sur éboulis que l'on trouve le maximum de diversité. Avez-vous observé ce type de pattern lié à ces milieux particuliers ?***

R. On n'a pas mobilisé ces variables mais on a observé un effet délétère du mélézin sur la richesse spécifique des mollusques, il s'agirait de l'essence avec laquelle ils cohabitent le moins.



# FOCUS SUR LA MALACOFAUNE DE DEUX RÉSERVES NATURELLES NATIONALES RHÉNANES EN 2021-2022 : LA FORÊT D'OFFENDORF ET LE DELTA DE LA SAUER

## État de conservation des espèces patrimoniales et évolution du cortège



**Victor SCHOENFELDER** – Conservatoire d'espaces naturels d'Alsace

Le Conservatoire d'espaces naturels d'Alsace a fait appel à la Société d'histoire naturelle et d'ethnographie de Colmar pour mieux connaître les mollusques des Réserves naturelles nationales de la forêt d'Offendorf et du delta de la Sauer (Bas-Rhin). Alors que la forêt d'Offendorf bénéficiait déjà d'un inventaire détaillé réalisé en 1994, la malacofaune du delta de la Sauer était jusqu'alors peu documentée.

L'inventaire complet réalisé en 2021 et 2022, ainsi que le bilan de la connaissance et l'identification des espèces à enjeux de conservation, font apparaître ces deux réserves comme les espaces protégés les plus riches en espèces de mollusques dans le Grand Est. Par ailleurs, l'évolution de la malacofaune entre 1994 et 2021 dans la forêt d'Offendorf suggère un assèchement global des milieux forestiers et une perte graduelle du caractère alluvial, tandis que des phénomènes d'eutrophisation et de colmatage affectent les milieux aquatiques, accentués par la perte de dynamique alluviale.

### LES MESSAGES CLÉS

- 89 espèces ont été recensées dans le delta de la Sauer, 111 dans la forêt d'Offendorf, qui accueille à elle seule 48 % des espèces indigènes recensées à l'échelle régionale, sur 60 ha, correspondant actuellement à l'espace le mieux documenté pour le groupe des mollusques dans le Grand Est.
- Certaines espèces à enjeu de conservation (*Physa fontinalis*, *Bithynia leachii*, *Anisus vorticulus*, *Valvata macrostoma*) y sont en nette régression, en raison de la diminution de la dynamique alluviale.
- De nouvelles espèces exotiques envahissantes y ont été observées, *Pseudanodonta woodiana* pour la première fois dans le département.

### DES MILIEUX ALLUVIAUX EN ÉVOLUTION CONSTANTE

Les Réserves naturelles nationales (RNN) de la forêt d'Offendorf (Offendorf, Bas-Rhin) et du delta de la Sauer (Seltz et Munchhausen, Bas-Rhin) font partie des grands ensembles de milieux alluviaux protégés de la plaine rhénane alsacienne et s'ancrent dans un réseau

de huit aires protégées tout au long du Rhin, dont quatre sont gérées par le Conservatoire d'espaces naturels d'Alsace (CEN Alsace).

La RNN de la forêt d'Offendorf a été créée en 1989 sur une surface de

60 ha, à hauteur du Rhin canalisé. Celle du delta de la Sauer a été classée en 1997 sur 480 ha, avec la particularité d'être située sous l'influence d'un affluent vosgien, la Sauer. Ces réserves abritent encore une diversité de milieux alluviaux d'une haute valeur patrimoniale : forêt à bois dur, largement prédominante, forêt à bois tendre (saulaie têtard), nombreuses prairies inondables, particulièrement sur le delta de la Sauer, milieux palustres très variés (vasières, roseilières, cariçaies, mares...), milieux aquatiques variés dominés par des faciès lentiques.

Le Rhin est un fleuve très fortement aménagé depuis le XIX<sup>e</sup> siècle : les nombreux bras du Rhin sauvage ont été rectifiés en court-circuitant les méandres pour ne conserver qu'un chenal unique et rectiligne. La canalisation mise en œuvre dans les années 1960-1970 a fortement marqué des milieux alluviaux toujours en évolution, dans une dynamique de comblement. Ainsi, les habitats de la RNN d'Offendorf sont passés du lit mineur, directement actif, au lit majeur encore inondable jusque dans les années 60-70, avec des bras régulièrement en eau, puis à une déconnection totale entre les milieux alluviaux et le fleuve à partir de la canalisation, puisque le Rhin canalisé est situé au-dessus de sa plaine alluviale. Les inondations ne surviennent plus que par remontée de la nappe phréatique. Il en est de même pour le delta de la Sauer à ceci près que, situé en aval du dernier barrage sur le Rhin, des inondations importantes s'y produisent encore par les battements de la nappe, et même, jusqu'aux années 1990, des débordements directs du Rhin dans la forêt.

## Contexte pré-inventaire

Un premier inventaire protocolé détaillé de la malacofaune avait été réalisé par Fritz Geissert en 1994 dans la RNN de la forêt d'Offendorf, tandis qu'il existait quelques données prometteuses mais incomplètes pour le delta de la Sauer. L'inventaire complet des deux réserves, en 2021, a pu s'appuyer sur l'expertise malacologique régionale de la Société d'histoire

naturelle et d'ethnographie de Colmar (SHNEC).

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

Des prélèvements de litières ont été réalisés, suivis d'un tamisage et d'un tri en laboratoire, ainsi qu'une recherche à vue chronométrée avec identification directe des espèces les plus communes, capture et conservation dans l'alcool à 96%. Pour les milieux aquatiques, les recherches ont été effectuées avec des filets à mailles fines, un sondage de la végétation aquatique et de l'interface eau/sédiment, suivis d'un tri, de l'identification directe des espèces les plus communes et d'une conservation des espèces plus délicates dans l'alcool.

Sur la RNN de la forêt d'Offendorf, 11 stations terrestres et palustres, correspondant aux stations choisies par Geissert, et 13 stations aquatiques ont été définies. La prospection a représenté cinq jours de terrain de mai à juillet 2021 incluant le temps consacré à la recherche de l'emplacement des stations de 1994. Sur la RNN du delta de la Sauer, 10 stations terrestres, 10 stations aquatiques et 7 stations palustres ont été prospectées sur quatre jours de mai à août 2021.

En août 2022, des prospections complémentaires ont été menées dans le delta de la Sauer sur les macro-bivalves vivants, à pied et à vue pour les bras en assec, et avec un aquascope ou en plongée pour les bras en eau, complétées par un relevé des paramètres physico-chimiques, une estimation des densités de population, un dénombrement et des mesures biométriques des individus.

## RÉSULTATS

Les inventaires ont permis une nette amélioration de la connaissance malacologique en doublant le nombre d'observations dans chacun des sites : 348 nouvelles observations générées dans la RNN d'Offendorf et 274 dans la RNN du delta de la Sauer. En l'état actuel des connaissances, la RNN de la forêt d'Offendorf en par-

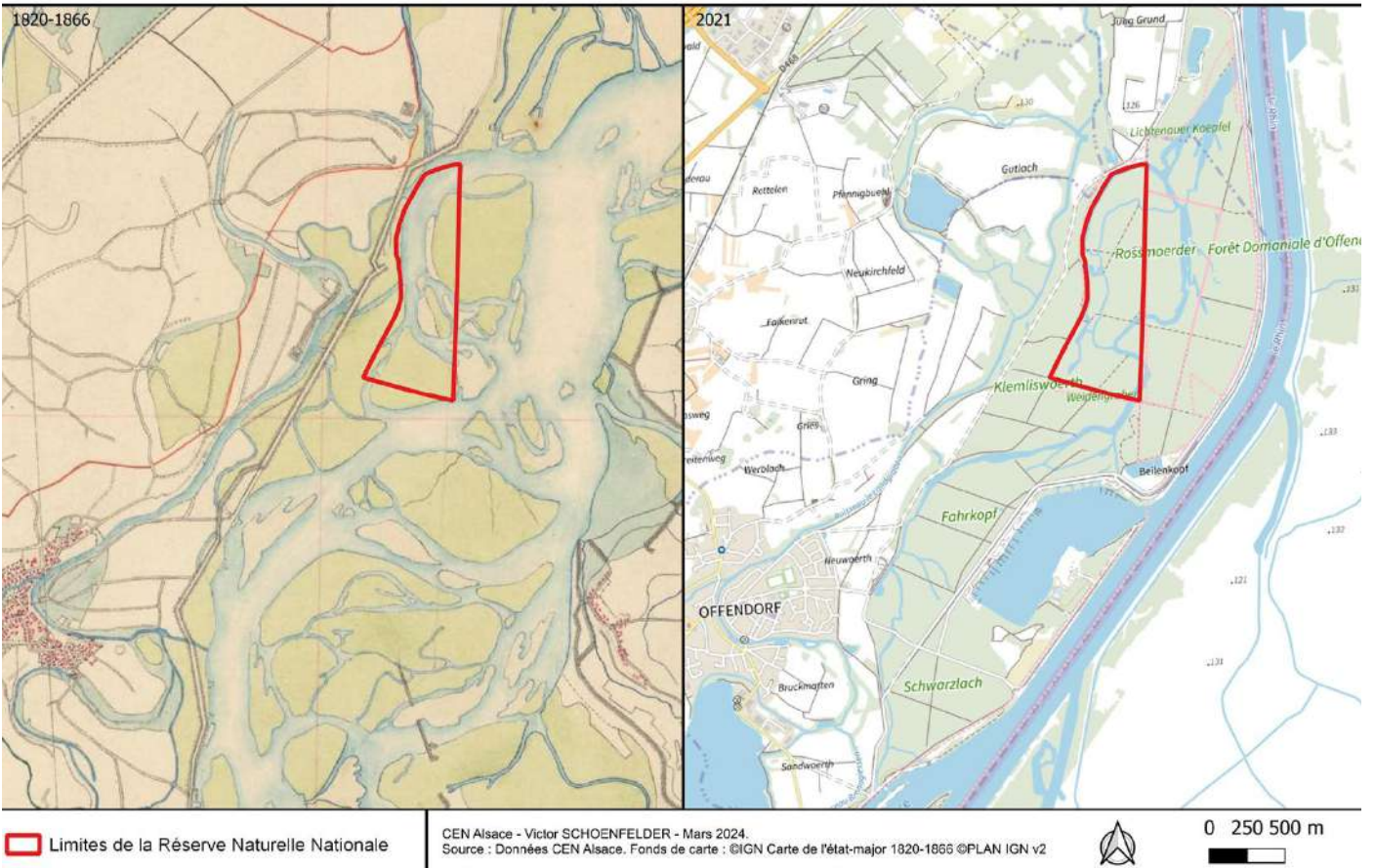
ticulier est considérée comme l'espace protégé avec le plus de diversité spécifique du Grand Est avec parmi les 111 espèces recensées, 81 qui font l'objet d'observations récentes en 2020 ou 2021 sur seulement 60 ha. A titre comparatif, des inventaires similaires récents indiquent la présence de 89 espèces dans la RNN du Delta de la Sauer dont 79 font l'objet d'observation récentes (SHNEC 2021), de 76 espèces dans la réserve naturelle régionale de la Moselle sauvage (Cucherat 2019) et de 70 espèces dans la RNN du Rohrschollen (Dorn 2021). La RNN peut également être considérée comme un des espaces naturels où la malacofaune est la mieux documentée à l'échelle régionale. En effet, ce sont 751 observations qui ont pu être accumulées entre 1994 et 2021, soit près de 13 observations par hectare. Comparativement, la pression d'observation moyenne est respectivement de 0,57 observations et de 2,5 pour 100 hectares à l'échelle régionale et départementale (Bichain et al. 2021). Cette diversité spécifique représente 48 % des espèces indigènes recensées à l'échelle régionale (Bichain et al. 2019). Autrement dit, sur une période de 27 ans, 1 espèce sur 2 présente dans la région Grand Est a été observée au sein d'un espace protégé de seulement 60 ha, soit 0,001 % de la surface régionale. On peut également noter que 32 espèces de gastéropodes aquatiques sont mentionnées dans la réserve parmi les 36 présentes à l'échelle de la bande rhénane alsacienne. Les quatre espèces manquantes sont représentées par (1) *Gyraulus rossmaessleri*, qui ne trouve pas d'habitat favorable dans la RNN, (2) *Myxas glutinosa*, (3) *Bythiospeum rhenanum* espèce stygobie hyporhéique, qui vit dans les sous-écoulements et aux niveaux des résurgences phréatiques et (4) *Belgrandia gfrast*, micro-endémique mondiale dont la présence se limite à une zone de source dans la Petite Camargue Alsacienne. Autrement dit, l'ensemble des gastéropodes aquatiques potentiels ont été observés dans la RNN à ce jour.

En ce qui concerne les espèces à enjeux de conservation, définies à partir des statuts de menaces CR, EN, VU et NT de la Liste rouge régionale et/ou inscrites sur la Directive habitat-

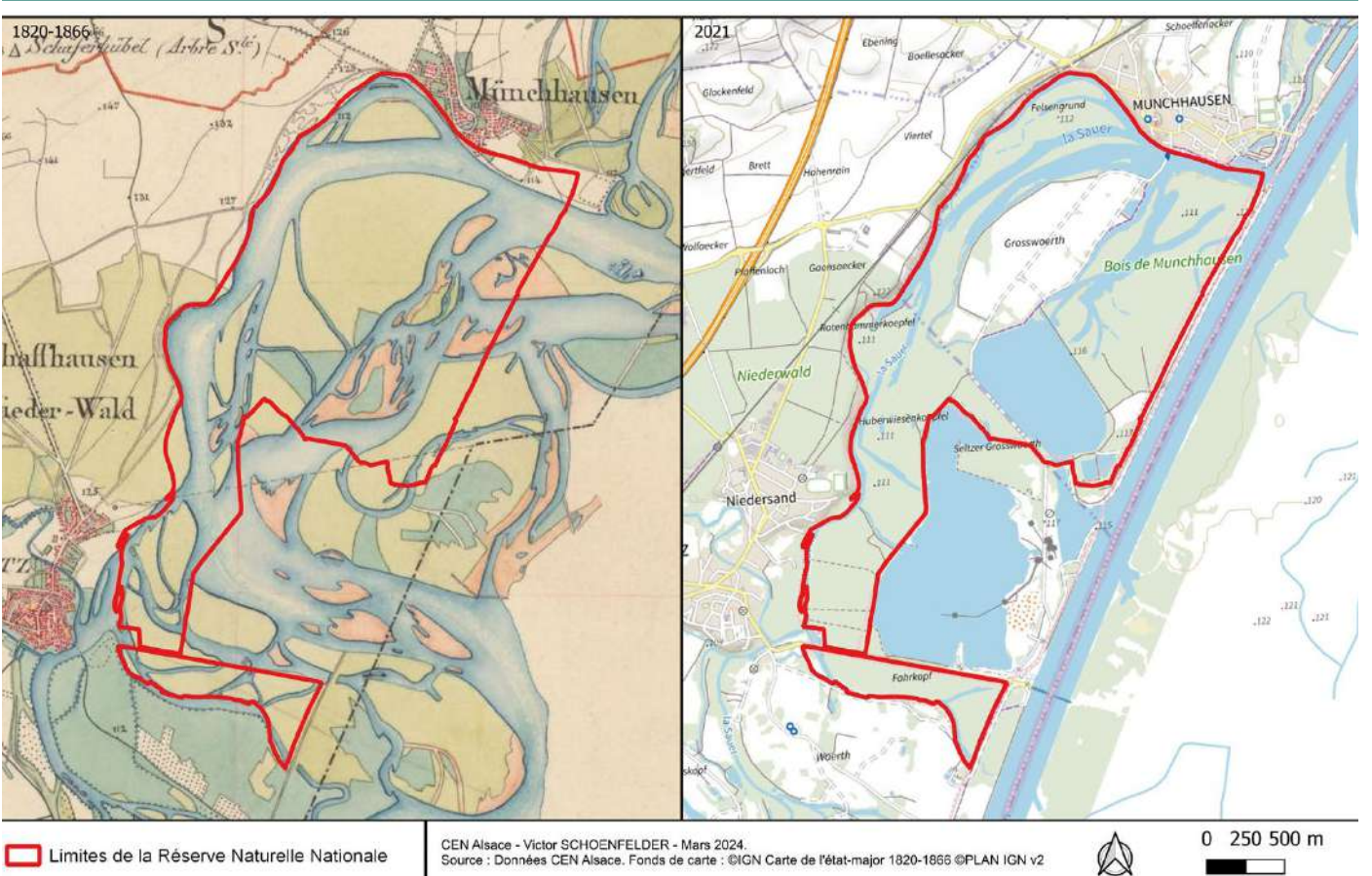
**RNN de la forêt d'Offendorf**



Evolution historique du site suite aux aménagements du Rhin



**FIGURE 1 : Évolution diachronique de la plaine alluviale du Rhin à hauteur de la RNN de la forêt d'Offendorf.**



**FIGURE 2 : Évolution diachronique de la plaine alluviale du Rhin à hauteur de la RNN du delta de la Sauer.**

faune-flore, 11 espèces patrimoniales sont documentées dans le delta de la Sauer et 9 dans la forêt d'Offendorf. Ces espèces correspondent essentiellement à des taxons de milieux aquatiques ou palustres comme par exemple *Valvata macrostoma*, *Physa fontinalis*, *Bithynia leachii*, *Viviparus contectus*. Par comparaison avec les données historiques, les résultats des récents inventaires mettent en évidence que ces espèces sont en nette régression dans les deux réserves, et en particulier dans la RNN de la forêt d'Offendorf où la dynamique alluviale est encore moins marquée qu'au delta. On notera que la Planorbe naine *Anisus vorticulus* n'a pas été retrouvée au cours des dernières prospections bien qu'elle soit mentionnée historiquement dans ces deux sites (Geissert 1994). Le diagnostic réalisé dans le delta de la Sauer indique un fort colmatage et une eutrophisation qui lui sont peu favorables.

Des espèces exotiques envahissantes ont également été observées, avec des densités parfois très importantes de dreissènes et de corbicules, et l'anodonte de Chine *Sinanodonta woodiana* a été observée pour la première fois dans le Bas-Rhin au delta de la Sauer.

Quatre espèces de grands bivalves autochtones ont été recensées dans les réserves, avec des présences relativement localisées et des états de conservation moyens à mauvais.

Plusieurs menaces pèsent sur ces populations, en particulier le changement hydrique du Rhin avec des assècs d'été de plus en plus marqués. En août 2022, la Sauer a en effet connu son niveau d'étiage le plus bas depuis le début des enregistrements en 1967 avec pour la première fois un assèc complet d'un bras mort qui a engendré de fortes mortalités de populations de bivalves (*Unio tumidus*, *Unio pictorum*). Sur un autre secteur, une pêche de sauvetage a par ailleurs été effectuée, pour déplacer les individus risquant de périr sous l'effet de l'assèchement de la rivière.

La biométrie a permis d'observer un recrutement d'individus juvéniles, avec des populations dynamiques sur les Unionidae, notamment *Unio tumidus*. En revanche, aucun recrutement de juvéniles d'anodontes n'a été observé dans les bras où l'Anodonte chinoise est présente. Ces prospections ont également permis de corriger une mention historique erronée d'*Unio crassus* qui n'est pas présente dans la RNN du delta de la Sauer.

### Évolution de la malacofaune entre 1994 et 2021 dans la RNN d'Offendorf

L'inventaire de 2021 a permis de mesurer l'évolution des cortèges malacologiques trente ans après les prospections de Geissert, elles-

mêmes réalisées une vingtaine d'années après la canalisation, alors que la malacofaune n'avait peut-être pas encore répondu aux bouleversements de la dynamique et des habitats naturels provoqué par ces aménagements. Il devrait également conduire à une évaluation de la pertinence des travaux de reconnexion partielle des milieux alluviaux sur le Rhin effectués en 2002 et 2007 dans le cadre du programme LIFE Rhin vivant, les vannes installées paraissant insuffisantes puisque le Rhin passe 10 mètres au-dessus.

N'atteignant pas la richesse spécifique de 1994 (99 espèces recensées), les prospections de 2021 (89 espèces) révèlent un changement dans les cortèges des mollusques avec 22 espèces non retrouvées et 11 nouvellement observées. Sur les milieux terrestres, l'analyse des occurrences et de la fréquence dans les sites montre une raréfaction, sinon une disparition locale, de plusieurs espèces strictement hygrophiles (*Eucobresia diaphana*, *Zonitoides nitidus*, *Succinea putris*, *Vertigo antiveritigo*...) et l'augmentation d'abondance d'espèces associées à des micro-habitats secs (*Isognomostoma isognomostomos*, *Helicigona lapicida*, *Pupilla muscorum*, *Vallonia excentrica*), ce qui indique un assèchement progressif des milieux forestiers en lien avec la perte de la dynamique alluviale d'inondation du massif. Ces évolutions semblent cependant relativement progres-



FIGURE 3 : Espèces à enjeux de conservation au sein des deux réserves.

sives. Sur les milieux aquatiques en revanche, les changements sont plus brutaux et de plus grande ampleur : la raréfaction significative d'espèces sensibles aux pollutions qui peuplent des eaux riches en oxygène (*Valvata cristata*, *Physa fontinalis*, *Bithynia leachii*, *Bathymphalus contortus*...) et l'augmentation de la fréquence d'espèces tolérantes aux eaux eutrophes et peu oxygénées (*Potamopyrgus antipodarum*, *Physella acuta*, *Lymnaea stagnalis*, *Planorbarius corneus*) suggèrent un phénomène d'envasement et d'eutrophisation. Les travaux de reconnexion du LIFE Rhin vivant n'ont donc pas permis de retrouver une dynamique alluviale favorable à la conservation de la malacofaune aquatique, et il apparaît nécessaire d'apporter suffisamment d'eau pour recréer une véritable dynamique alluviale.

## CONCLUSION

Ces inventaires ont conduit à une nette amélioration des connaissances de la malacofaune de ces deux réserves, fournit une base solide pour étudier spécifiquement certaines espèces menacées (dynamiques de population, état de conservation, écologie) et ont permis des observations importantes sur d'autres groupes (écrevisses, flore des vasières...).

Ils offrent aujourd'hui au Conservatoire d'espaces naturels d'Alsace du matériel pour amener à une meilleure prise en compte des mollusques dans les stratégies de conservation et encouragent la réalisation d'opérations ambitieuses de redynamisation du fonctionnement alluvial de ces deux réserves, sans lesquels la banalisation de la malacofaune se poursuivrait.

Une suite sera donnée à cette étude via le Plan régional d'action des mollusques aquatiques du Grand Est, en cours de création, et via des projets inscrits dans le cadre d'un grand plan de restauration de la dynamique alluviale, le Plan Rhin vivant. L'extension de la réserve naturelle d'Offendorf, en projet pour les prochaines années, devrait également permettre de mieux gérer les niveaux d'eau du site

dans le but de restaurer un fonctionnement hydrologique plus favorable au maintien des populations de mollusques.

## RÉFÉRENCES

- Bichain J.-M., Hommay G., Stoffer A., Durr T. & Lamand F., 2023. Liste de référence annotée et actualisée des mollusques continentaux du Grand Est (France). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar*, 11(3) : 13-41.
- Bischain J.-M., Umbrecht K., Ryelandt J., Cucherat X., 2021. Priorités régionales de conservation pour les Mollusques continentaux : un défi pour les taxons mal documentés. *Naturae*, 14 : 183-211.
- Cucherat X., 2019. Les mollusques continentaux de la Réserve Naturelle Régionale de la Moselle sauvage (Meurthe-et-Moselle) : richesse spécifique et comparaison avec d'autres sites alluviaux européens. *MalaCo*, 15 : 3-10.
- Dorn C., 2021. *Nouvelle étude de la Ville de Strasbourg : des mollusques protégés sur l'île du Rohrschollen*. Article de presse. Dernières Nouvelles d'Alsace du 19 avril 2021.
- Geissert F., 1994. Les mollusques de la réserve naturelle d'Offendorf. Rapport d'inventaire. *Conservatoire des Sites Alsaciens*. p. 20.
- Schoenfelder V., 2021. *Plan de gestion 2021-2025 de la Réserve Naturelle Nationale de la forêt d'Offendorf à OFFENDORF (Bas-Rhin) - Tome 1 : Diagnostic de la Réserve Naturelle*. Conservatoire d'espaces naturels d'Alsace. DREAL Grand Est. p. 90.
- Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar, 2021a. *Inventaire de la Malacofaune de la Réserve Naturelle Nationale de la forêt d'Offendorf (Bas-Rhin, Grand Est)*. Conservatoire d'espaces naturels d'Alsace. p. 24+annexes.

– Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar, 2021b. *Inventaire de la Malacofaune de la Réserve Naturelle Nationale du Delta de la Sauer (Bas-Rhin, Grand Est)*. Rapport d'étude (rédacteur Kévin Umbrecht). p. 20 pp + annexes.

– Umbrecht K., 2022. *Évaluation de l'état de conservation des grands bivalves (Bivalvia, Unionidae) de la Réserve Naturelle Nationale du delta de la Sauer (Bas-Rhin, Grand Est)*. Rapport d'étude (rédacteur Kévin Umbrecht). SHNEC & TINCA Environnement. p. 29 + annexes.





## QUESTIONS-RÉPONSES

Guillaume DOUCET, CEN Bourgogne : **Concernant les conclusions sur l'insuffisance des travaux du LIFE, étant donné le changement climatique, les restaurations prévues seront-elles en capacité de contrebalancer des étiages de plus en plus sévères ?**

R. La seule chose que l'on peut se dire, c'est qu'il faut revoir les prises d'eau pour les abaisser, essayer de prévoir des aménagements qui anticipent ces débits plus bas.

Éric BRUGEL, LPO France : **Peux-tu nous en dire plus sur le Plan régional d'action ?**

R. Jean-Michel BICHAIN, SHNEC : La région Grand Est a proposé un LIFE biodiversité comportant un certain nombre d'appels à projets pour monter des plans d'action régionaux. Nous avons rédigé un plan régional d'action qui sera mis en application dès 2024. Nous avons réussi à faire financer d'abord des ressources et de la connaissance. Ainsi, la première phase de ce plan (deux années) sera consacrée aux ressources : collections, détermination, formation, bases de données avant une montée en puissance sur les études qui commencent à être mises en place sur un certain nombre de réserves et sur des espèces ciblées. On essaie de mixer des actions entre des institutions de recherche et des acteurs de terrain. Le malacologue se retire à partir du moment où les acteurs se sont rencontrés pour mettre en place des protocoles.

Salomé GRANAI, Géoarchéon : **Que voulez-vous restaurer ? Quel est l'état de référence ? Car il y a au cours de l'Holocène une variabilité très importante des nappes dans ces zones, avec des moments où l'eau était plus courante, des nappes d'eau plus hautes, d'autres sans intervention humaine avec de l'eau stagnante, des envasements naturels.**

R. Nous travaillons encore à définir l'état de référence. Il y a en effet eu des dynamiques naturelles de comblement mais il y avait toujours une mobilité latérale, qu'on n'a plus du tout aujourd'hui. À Munchhausen par exemple, après avoir coupé le méandre, la dynamique de comblement est naturelle, ce sont donc des débits très conséquents d'eau qu'il faudrait remettre sur cet ancien chenal.

En revanche, les aménagements ont pour conséquence un système de comblement qui n'est plus du tout naturel. Ainsi, un barrage à clapet et le rehaussement d'une digue ont créé un vaste piège à sédiments. La stratégie logique est de rajouter le plus d'eau possible depuis le Rhin, le plus en amont possible, en se disant que la dynamique va recréer le système naturel. Il faudra prendre en compte les annexes, ce qui n'a pas été fait dans le LIFE Rhin vivant, pour éviter, en rendant des bras lenticules beaucoup plus courants, de perdre toutes les espèces qui y étaient associées. Mais nous sommes encore dans la réflexion sur ces projets de restauration et cela va prendre des années.

### LES AVANCÉES DEPUIS LE COLLOQUE

Depuis octobre 2023 et dans le cadre de la mise en œuvre du Plan Rhin Vivant, la finalisation du cahier des charges pour l'étude de restauration de la dynamique alluviale de la RNN du delta de la Sauer ainsi que l'inscription du projet de restauration de la dynamique alluviale dans la RNN de la forêt d'Offendorf.

L'amélioration des connaissances sur les cortèges de mollusques permettra aussi de mieux prendre en compte le groupe d'espèces dans le cadre du projet d'extension de la RNN de la forêt d'Offendorf.

16h - 16h30

focus sur la malacofaune de 2 Réserves Naturelles Nationales Rhénanes en 2021-22: la Forêt d'Offendore et le Delta de la Sauer



en aval du dernier barrage sur le Rhin

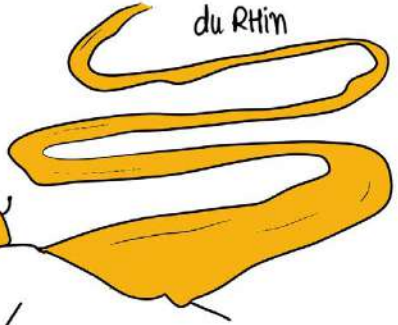
milieux alluviaux avec quelques particularités

Bois dur Bois tendre

influence d'un affluent Vosgien

Le Rhin ♥

Secteur des méandres naissants du Rhin



CHANGEMENT dans la malacofaune: 11 nouvelles espèces 22 non retrouvées



Capture et conservation des espèces dans l'alcool



7 jours de Terrain on a oublié le nombre d'observations

11 taxons mollusques indigènes



espèces aquatiques ou palustres



et aussi des espèces exotiques envahissantes



Le retour de l'amodonte de Chine

Pêches de sauvetage

Vous êtes sûrs que c'est pour le sauver que je dois me mettre là ?

Base solide pour connaître les espèces & plaider pour des projets de restauration

# LA MALACOFAUNE URBAINE ET PÉRIURBAINE DE DIJON

## Inventaire systématique des escargots selon deux transects rural-périurbain-urbain

**Emmanuel FARA** – Biogéosciences, Université de Bourgogne

Cette première étude systématique des gastéropodes terrestres à coquille de l'agglomération dijonnaise et de sa périphérie s'inscrit dans un projet collaboratif\* déployé à l'échelle de la Bourgogne-Franche-Comté, PubPrivLand, impliquant des sociologues, économistes, écologistes et chercheurs en sciences de l'environnement de six unités de recherche pour étudier les différences dans la gestion des parcelles privées et des parcelles publiques. Ce projet intégré inclut un axe d'étude de la diversité dans les espaces verts urbains.

À l'échelle des communautés, des recherches visent à tester plusieurs hypothèses concernant les réponses de la faune aux gradients d'urbanisation, en particulier la diminution de la richesse spécifique vers les centres-villes et l'abondance exacerbée des espèces tolérantes aux perturbations urbaines.



### LES MESSAGES CLÉS

- Plus de 13 000 coquilles, représentant une quarantaine d'espèces, ont été échantillonnées, triées, puis identifiées et catégorisées à l'échelle de l'individu.
- Au-delà de l'urbanisation, la diversité des habitats à l'intérieur des espaces verts et la nature du substrat géologique semblent jouer un rôle majeur sur la nature et la richesse des assemblages.

### CONTEXTE : L'ÉCOLOGIE URBAINE

L'écologie urbaine étudie un écosystème très particulier afin de comprendre les liens entre les modes de gestion, les enjeux économiques et les réponses de la biodiversité, que ce soit à l'échelle de l'individu, de la population ou des communautés. Si ce type d'études scientifiques a déjà été réalisé pour de nombreux groupes taxonomiques (plantes, oiseaux, amphibiens, insectes, mammifères), les informations concernant les mollusques en milieu urbain restent assez rares.

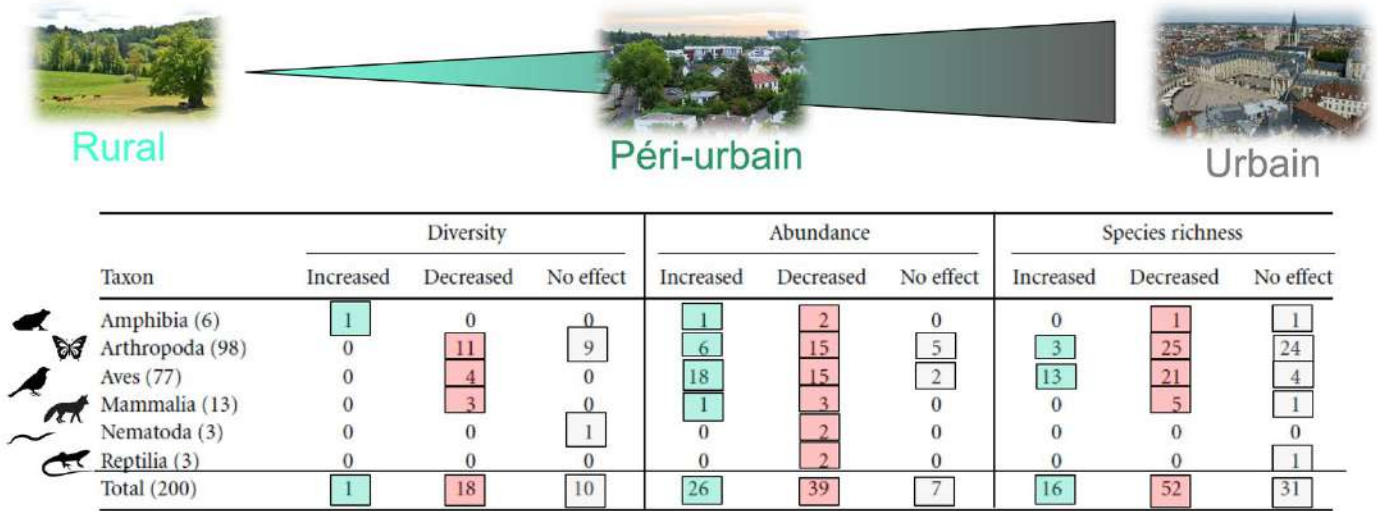
Les recherches en écologie urbaine sont régulièrement menées le long d'un transect rural-périurbain-urbain afin de mesurer l'influence de la matrice urbaine sur la biodiversité qu'elle abrite et identifier la nature du cortège d'espèces s'accommodant des espaces urbanisés. Certaines espèces peuvent être historiquement présentes dans cette matrice ou y être importées, s'y maintenir, parfois même s'y développer.

Les figures ci-dessous représentent une synthèse de l'état actuel des connaissances sur ce type de gradient urbain à l'échelle de la biodiversité, effectuée il y a une dizaine d'années.

Pour chacun des grands groupes taxinomiques retenus (amphibiens, mammifères, arthropodes, oiseaux, reptiles...), l'évolution de trois paramètres est étudiée le long du gradient rural-périurbain-urbain : diversité, abondance et richesse spécifique. Alors que les réponses semblent relativement « groupe spécifiques » en termes de diversité, il y a presque autant montré que l'abondance décroît le long de ce gradient que d'études montrant l'inverse. La situation est similaire concernant la richesse spécifique, avec des réponses très hétérogènes au sein d'un même groupe. Il n'y a donc apparemment pas de signal évident de diminution de la richesse, de l'abon-

\*Emmanuel FARA, Jérémy ROSTAN, Fanny WURTH, Keiya GORET-IIHASHI, Hilde DESMET, Ignace NERINCKX, Alix VANDERSTICHEL, Marc LEVY, Elrick TACHET-PEPIN.

## Contexte: Des gradients de diversité mal compris



**FIGURE 1** : Bref état des lieux sur les gradients de diversité, richesse et abondance le long des gradients urbains-péri-urbains d'après Faeth *et al.* (2011), modifié.

dance ou de la diversité le long d'un gradient rural-urbain.

Les rares études dédiées aux mollusques en milieu urbain, et plus particulièrement aux escargots (Denov & Penev 2004; Horsák *et al.* 2009, 2013; Hodges & McKinney 2018) ont mis en évidence des signaux eux aussi très confus : diminution de la richesse spécifique pour certaines, aucun changement de la diversité pour d'autres ; effet de la distance au centre-ville ou pas ; homogénéisation due soit aux espèces non natives soit aux espèces natives, etc. L'étude préliminaire présentée, toujours en développement, vise à observer l'évolution et la structure des communautés de gastéropodes terrestres à coquille dans les espaces verts le long d'un gradient urbain-périurbain.

### CADRE D'ÉTUDE ET APPROCHE

Le cadre d'étude retenu est l'unité urbaine de Dijon, qui correspond à une ville européenne de taille moyenne associée à une quinzaine de communes adjacentes. Elle a la particularité de rassembler 47 % de la population du département de la Côte-d'Or sur 2 % de sa surface, ce qui en fait

un exemple emblématique à l'échelle de la France métropolitaine. Aucun inventaire malacologique récent ou standardisé n'avait été effectué sur cette zone jusqu'à présent.

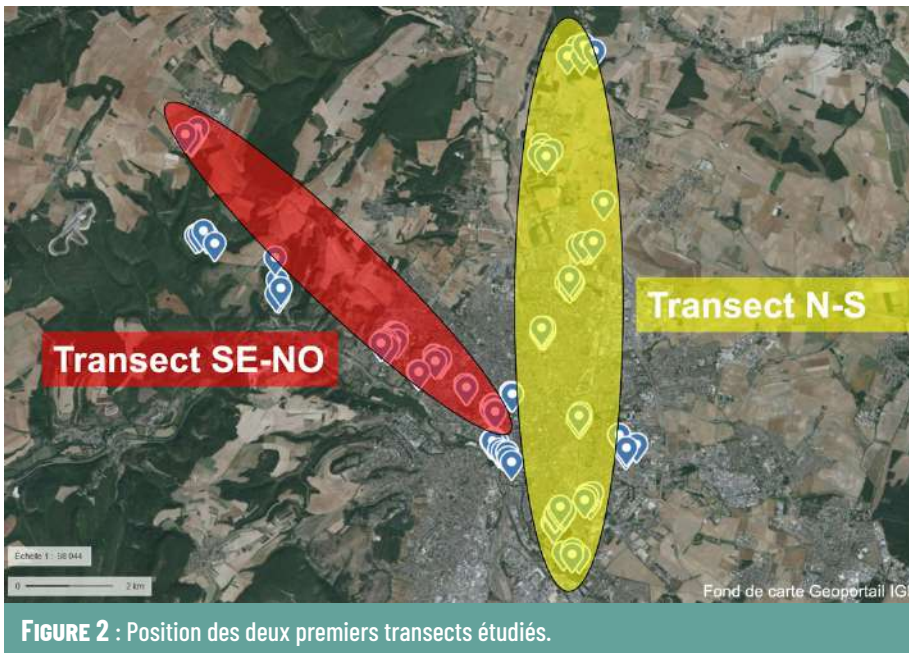
Les premières salves d'échantillons ont été récoltées de 2019 à 2022 sur 20 espaces verts de l'aire urbaine, en combinant systématiquement au minimum 2 chasses à vue, 2 prélèvements de litière et 1 quadrat de pelouse (25x25 cm, voir aussi Clergeau *et al.* 2011). Les localités sont les espaces verts urbains publics, ainsi que quelques espaces verts privés. Pour les plus grands parcs, des échantillons ont été ajoutés afin de couvrir l'essentiel de la surface et ainsi représenter la diversité des habitats présents. Cette réplication permet aussi de tester la répétabilité et la robustesse des compositions et des richesses observées.

Le plan d'échantillonnage a volontairement suivi deux axes : un transect orienté sud-est - nord-ouest (SE-NO) et un transect nord-sud (N-S). Plus de 13 000 coquilles, représentant une quarantaine d'espèces, ont ainsi été échantillonnées, triées et déterminées. De nombreuses coquilles urbaines et périurbaines étant abîmées, l'influence de la fraîcheur des coquilles et du stade ontogénétique sur les mesures de diversité a éga-

lement été explorée. Après séchage, tamisage (maille à 630 microns) et tri, l'identification et la catégorisation ont ainsi été effectuées à l'échelle de l'individu, en essayant de séparer les coquilles fraîches des coquilles moins fraîches ainsi que les juvéniles des adultes. Cette investigation vise à identifier l'origine et la robustesse du signal malacologique et éventuellement cibler davantage les études ultérieures. Les données sont bancaisées et les spécimens mis en collection à l'Université de Bourgogne.

Chaque échantillon est également associé à une fiche définissant le couvert végétal et le type de mode de gestion, qui seront intégrés dans les analyses. La ville de Dijon ayant changé la manière de gérer ses espaces verts depuis quelques années, l'inventaire pourra représenter un état zéro de ces modes de gestion.

Les résultats préliminaires présentés, qui ne concernent que certains espaces verts des deux transects, viennent tester l'hypothèse selon laquelle la diminution en termes de diversité, de richesse spécifique et d'abondance devrait être moins prononcée sur le gradient N-S (a priori plus homogène en termes d'occupation du sol, de géologie et de naturalité) que sur le gradient SE-NO.



les résultats présentés, sachant que le transect N-S est situé sur des roches relativement récentes et des alluvions, avec quelques exceptions jurassiques et calcaires, tandis que le transect SE-NO couvre largement des plateaux à substrat calcaire. Cet axe de recherche est d'autant plus important qu'aucune des rares études menées sur les mollusques à l'échelle urbaine ne tient compte du substrat géologique des villes, alors qu'il pourrait être un facteur prépondérant dans l'explication des signaux de biodiversité.

Les genres les plus fréquents rencontrés dans la matrice urbaine sont *Lauria*, *Vallonia*, *Discus*, *Trochulus*, *Carychium*, *Truncatellina*, *Hygromia* et *Pomatias*. Les premières phases d'échantillonnage ont également révélé la présence de l'escargotin cosmopolite *Paralaoma servilis* (Shuttleworth, 1852) dans plusieurs parcs intra-urbains de Dijon, première occurrence de ce Punctidae en région Bourgogne-Franche-Comté (Rostan, Dommergues & Fara, à soumettre). Enfin, la présence des genres aquatiques *Bythinella* et *Potamopyrgus* a été enregistrée,

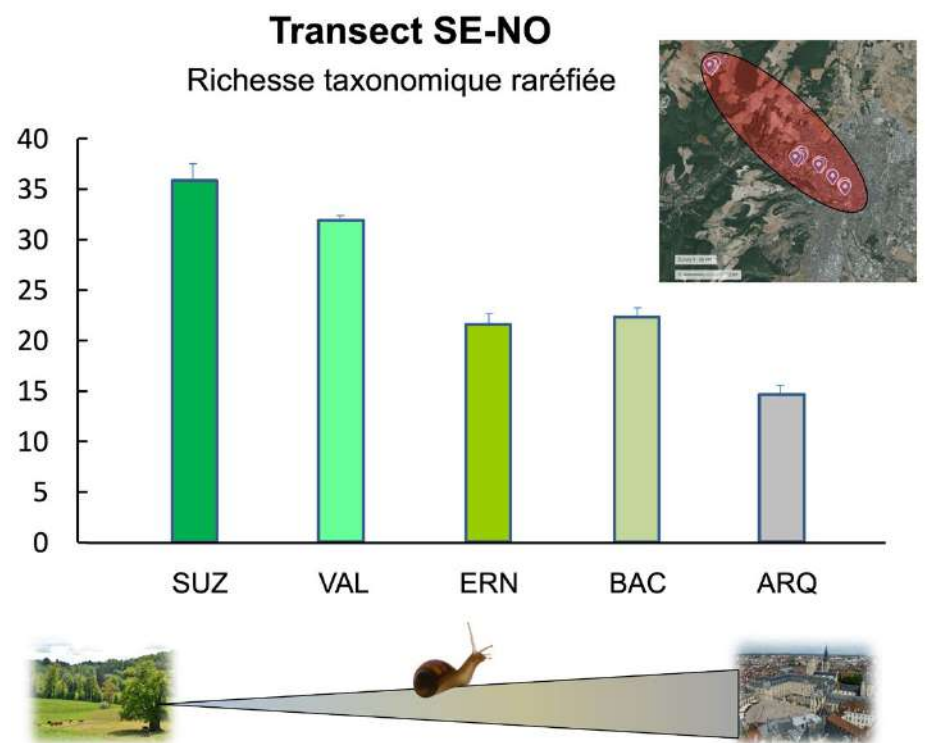
## RÉSULTATS

Le transect SE-NO révèle, sur 5 premiers espaces verts échantillonnés, un effet négatif marqué de l'urbanisation sur la richesse et la diversité taxonomique des escargots. Alors que la similarité taxinomique est relativement forte à l'intérieur du cœur urbain (i.e. une diversité bêta faible), la diversité de la composition faunistique est beaucoup plus marquée dans les zones périurbaines comme le Val Suzon dont une partie est classée en réserve naturelle.

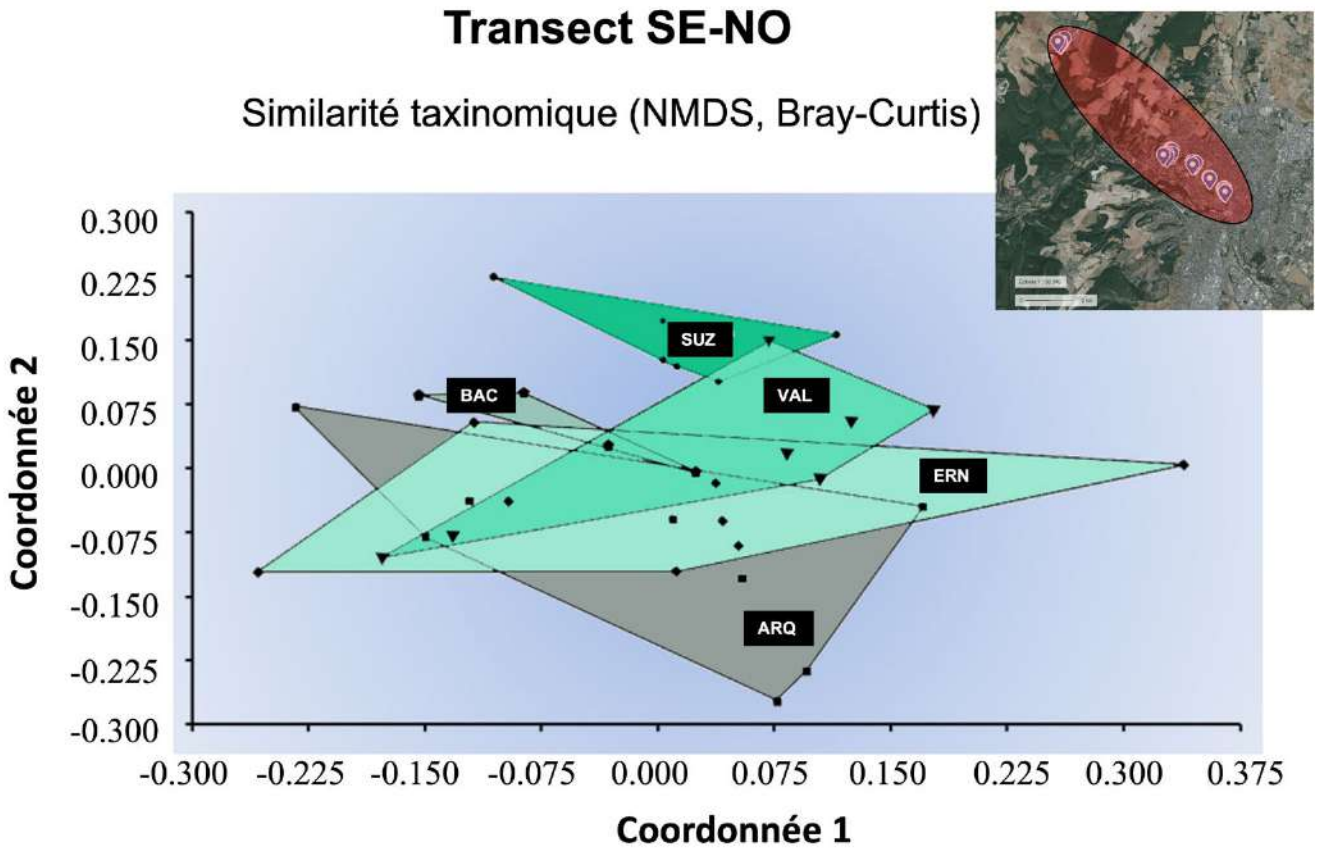
Le transect N-S livre, sur une petite vingtaine d'espèces recensées, un léger gradient de diversité et de richesse spécifique décroissant vers le centre-ville, mais ce signal n'est pas significatif. Ce résultat semble indépendant des techniques d'échantillonnage employées et est essentiellement porté par les coquilles adultes fraîches, qui dominent les prélèvements. Cependant, les signaux portés par les juvéniles ou les coquilles âgées ne sont pas en contradiction avec les résultats présentés. Si les espèces euryèces sont beaucoup plus abondantes au cœur de la matrice urbaine qu'à sa périphérie, cette première analyse ne montre pas de fort contraste compositionnel entre les communautés le long du gradient urbain-périurbain.

La ville de Dijon est située à un carrefour biogéographique et géolo-

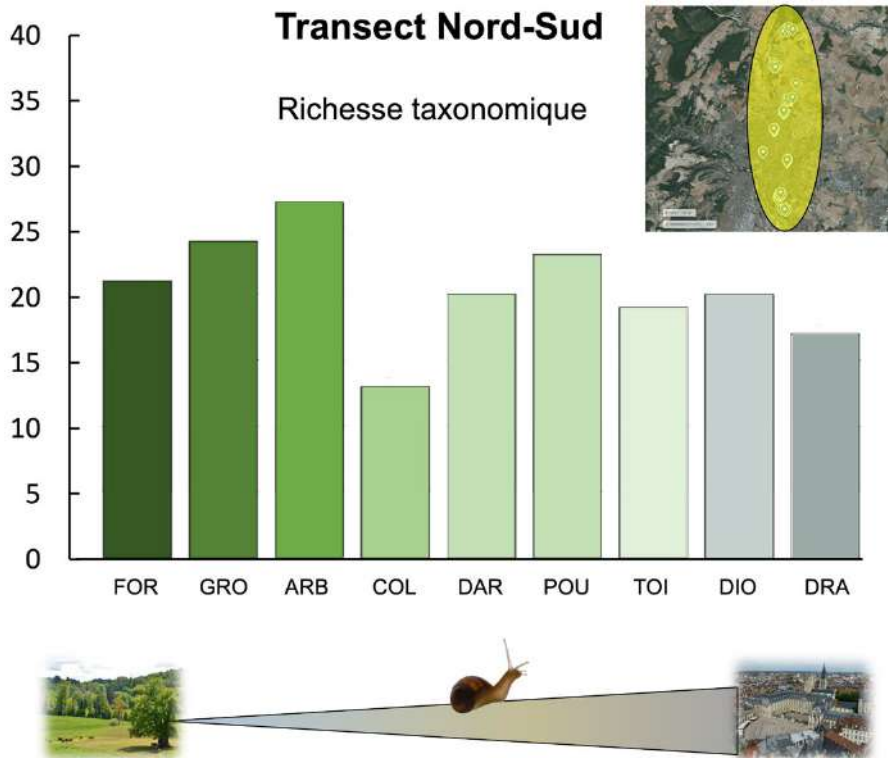
gique, entre des plateaux calcaires et un fossé d'effondrement dans lequel dominent les plaines argileuses décarbonatées. Cette hétérogénéité de la matrice semble jouer un rôle important sur les communautés malacologiques, ce qui a conduit à émettre l'hypothèse de départ. Il reste encore à tester formellement le rôle de la géologie sur



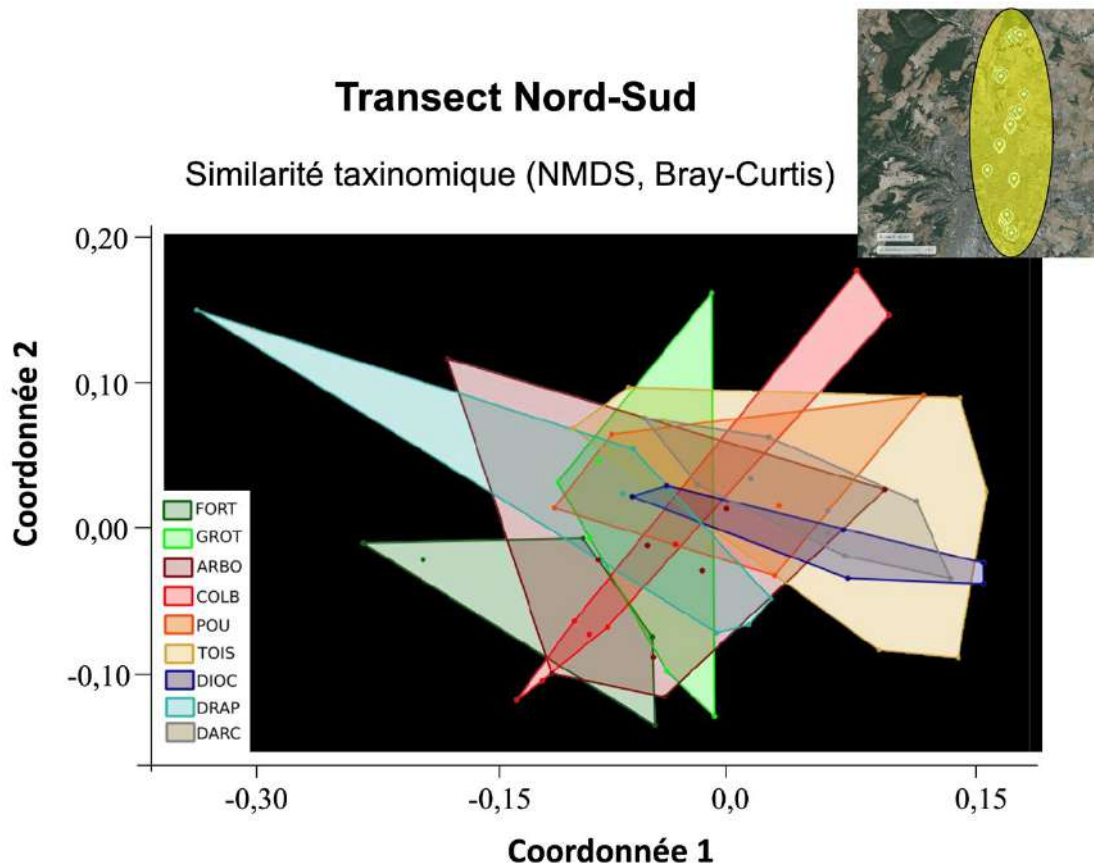
**FIGURE 3 :** Résultat préliminaire de la richesse taxonomique rarifiée le long du gradient SE-NO. Le pôle le plus urbanisé est représenté par la partie droite de l'histogramme (d'après les premières analyses menées par J. Rostan dans le cadre de son Master 2 en 2020).



**FIGURE 4** : Résultat préliminaire de la similarité taxinomique le long du gradient SE-NO (analyse NMDS basé sur l'indice de Bray-Curtis). Le pôle le plus urbanisé est représenté en gris (d'après les premières analyses menées par J. Rostan dans le cadre de son Master 2 en 2020).



**FIGURE 5** : Résultat préliminaire de la richesse taxinomique le long du gradient N-S. Le pôle le plus urbanisé est représenté par la partie droite de l'histogramme (d'après les premières analyses menées par J. Rostan dans le cadre de son Master 2 en 2020)



**FIGURE 6 :** Résultat préliminaire de la similarité taxinomique le long du gradient SE-NO (analyse NMDS basé sur l'indice de Bray-Curtis) (d'après les premières analyses menées par F. Würth dans le cadre de son Master 2 en 2022).

genres dont les dynamiques et les structures populationnelles seront suivies avec attention.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La diversité des habitats à l'intérieur des espaces verts et la nature du substrat géologique semblent jouer un rôle majeur sur la nature et la richesse des assemblages. Les effets locaux des cortèges végétaux, du pH, de l'humidité du sol et des modes de gestion des espaces verts restent cependant à explorer. Par ailleurs, les espaces verts ne représentent qu'une partie des habitats urbains et certaines espèces, notamment xéro-philés, sont présentes sur les trottoirs, dans les cimetières ou le long des voies de chemin de fer.

Dans le cadre d'un écosystème aussi modifié que le milieu urbain, ce premier inventaire systématique pourra néanmoins servir de point de départ pour un suivi pluriannuel de ces

cortèges malacologiques en zone urbaine, afin d'observer leur réponse à l'anthropisation galopante et aux aménagements urbains.

## Remerciements

Une partie importante de ce travail a été réalisée dans le cadre - et avec le soutien - du projet interdisciplinaire Région/I-SITE BFC «PubPrivLands» (PIA3) qui est vivement remercié ici.

## RÉFÉRENCES

- Clergeau P., Tapko N., Fontaine B., 2011. A simplified method for conducting ecological studies of land snail communities in urban landscapes. *Ecological Research* 26, 515-521.
- Denov I., Penev L., 2004. *Spatial variation in terrestrial gastropod communities (Gastropoda, Pulmonata) along urban-rural gradients in Sofia City, Bulgaria.* Ecology of the city of Sofia : spe-

cies and communities in an urban environment 307-318.

- Faeth S., Bang C., Saari S., 2011. Urban biodiversity: Patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223, 69-81.

- Hodges M.N., McKinney M.L., 2018. Urbanization impacts on land snail community composition. *Urban Ecosystems* 21, 721-735.

- Horsák M., Juříčková L., Kintrová K., Hájek, O., 2009. Patterns of land snail diversity over a gradient of habitat degradation: a comparison of three Czech cities. *Biodiversity and Conservation* 18, 1-3453.

- Horsák M., Lososová Z., Čejka T., Juříčková L., Chytrý M., 2013. Diversity and Biotic Homogenization of Urban Land-Snail Faunas in Relation to Habitat Types and Macroclimate in 32 Central European Cities. *PLOS One* 8, e71783.

– Rostan J., 2020. *Diversité et structure des communautés malacologiques en milieu urbain : première analyse pour la ville de Dijon le long d'un gradient urbain-périurbain*. Mémoire de Master 1

Dynamique et Conservation de la Biodiversité (DyCoB), Université de Bourgogne, 22 pp.

– Würth F., 2022. *Communautés malacologiques le long d'un*

*gradient périurbain-urbain à Dijon*. Mémoire de Master 2 Sédimentologie, Paléontologie, Géochimie et Géoressources (SP2G), Université de Bourgogne, 34 pp.



## QUESTIONS-RÉPONSES

**Quentin WACKENHEIM, LGP : *Y a-t-il néanmoins parmi les assemblages des espèces plus rares, des espèces qui seraient un peu moins tolérantes ?***

**R.** Si on prend le corpus complet des données à l'heure actuelle, on a en effet des espèces qu'on peut regarder comme étant rares. En général, il s'agit d'espèces spécialistes encore présentes dans la zone périurbaine mais qui ne sont pas observées dans le cœur urbain. Dans le centre-ville, c'est en général très homogène : exceptées quelques rares surprises, on peut quasiment prédire le type d'assemblage qu'on va trouver. Ce signal est très fort et je pense assez récurrent dans d'autres villes d'Europe.

**Sophie GANSOINAT, chargée de mission dans l'association MIFENEC : *Quand on voit les images entre les deux transects, j'ai l'impression que sur le transect N-S, on a une urbanisation plus continue et que les « corridors » que pourraient suivre les mollusques ne sont pas les mêmes. Je ne sais pas si à Dijon, comme dans la plupart des grandes villes de France, les pavillons avec des jardins sont sur les hauteurs, zones où finalement il y a plus de micro-refuges et donc plus de diversité parce qu'il y a plus d'espaces verts.***

**R.** Sur le gradient N-S, ce n'est pas le cas à l'échelle des jardins ou des grands espaces verts, en revanche les grands réservoirs proximaux sont essentiellement à l'ouest. Dans le nord, on a aussi des bois, des petites forêts mais les compositions mala-

cologiques sont dramatiquement pauvres comparées à ce qu'on peut trouver dans les réservoirs côté ouest. Au-delà de la nature même de l'espace vert, on a un vrai signal lié avec la géologie, et non au degré d'anthropisation et d'urbanisation des endroits qui ont été échantillonnés.

**Guillaume DOUCET, CEN Bourgogne : *J'ajouterais un élément qui peut être intéressant dans l'analyse : regarder l'occupation du sol à proximité de ces espaces parce que le gradient N-S se fait, notamment dans sa partie nord, sur des cultures de plateau très intensives avec des milieux très fragmentés pour la biodiversité alors que, quand on va vers le Val Suzon (NO), on a encore des combes avec des pelouses, des massifs forestiers qui peuvent garantir une circulation beaucoup plus importante. D'ailleurs la façade ouest de Dijon n'a rien à voir en termes de biodiversité avec la façade est.***

**R.** Les derniers échantillonnages, localisés du côté est, seront décisifs pour trancher sur certaines de ces hypothèses qui restent encore en suspens. Sur le gradient qui part vers l'ouest, on reste dans une matrice urbaine avant de s'en échapper vers les plateaux. Au nord, malgré les zones de champs, les systèmes ressemblent à ceux qui ont été échantillonnés dans la partie ouest, mais ce n'est pas forcément une ressemblance fonctionnelle ni compositionnelle.



16h30 - 17h



la Malacofaune URBAINE & PÉRIURBAINE de DIJON

Parcelles Privées vs. Parcelles Publiques


Hérisson Écureuil Mésanges



Petite Poignée d'Études : CONFLITS entre des Résultats non Homogènes



Échantillons d'espaces Verts



On sépare les COQUILLES Fraîches des COQUILLES moins Fraîches

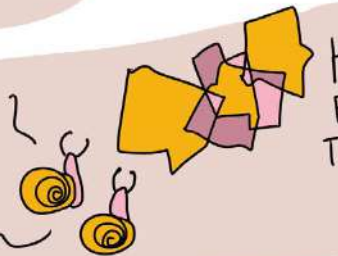


Les Rares Études ne Tiennent pas Compte du Substrat Écologique des Villes



Qu'est-ce que c'est ? Un Picasso sans doute...

Homogénéité Faunique Très marquée



nouveau mode de Gestion de la Ville de Dijon

encore des espaces Verts à explorer





# POSTERS

# Poster réalisé par A. MOTTET – CPIE Bresse du Jura



## Étude Malacologique

SITE NATURA 2000  
"BRESSE JURASSIENNE"

### UN SITE D'ÉTUDE FAVORABLE AUX MOLLUSQUES

Le site Natura 2000 est composé par une mosaïque d'habitats à caractère humide, particulièrement favorable aux populations de mollusques, sur 9 477 hectares. Face à l'obsolescence des données existantes, une phase de mise à jour paraissait indispensable. Avant étude, 27 données (pour 22 taxons) géolocalisées existaient sur la période 2006-2018

Les **espèces ciblées** sont celles reconnues d'intérêt communautaire (Annexe II et/ou IV de la Directive Habitats Faune Flore) et/ou protégées :

Espèces ciblées déjà mentionnées sur le site



**Unio crassus**  
Mulette épaisse



**Vertigo moulinsiana**  
Vertigo de Des Moulins

Espèces ciblées potentielles



**Vertigo angustior**  
Vertigo étroit



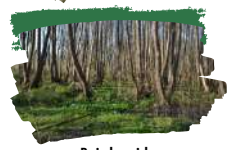
**Anisus vorticulus**  
Planorbe naine



Etang



Prairie



Bois humide

### TROIS ANNÉES POUR RÉPONDRE À DES OBJECTIFS AMBITIEUX

Le travail réalisé **entre 2019 et 2021** a permis de :

- Mener les premiers inventaires malacologiques
- Évaluer l'état de conservation initial des populations
- Identifier les menaces potentielles
- Proposer des mesures de gestion conservatoires
- Proposer un protocole simple pour le suivi de l'évolution des populations

### UN BILAN CONTRASTÉ EN FONCTION DES ESPÈCES

#### BIVALVES

#### GASTÉROPODES

protocoles	Transects le long des berges Observations directes Récolte de coquilles vides	Battage Tamisage de litière échantillonnage des herbiers aquatiques au troubleau
résultats	35 observations 10 espèces	130 observations 37 espèces
observation des espèces ciblées	<p>✗</p> <p>✓ <i>Unio crassus</i></p>	<p><i>Vertigo angustior</i> <i>Anisus vorticulus</i></p> <p><i>Vertigo moulinsiana</i></p>

### ZOOM SUR ... UNIO CRASSUS

L'état de conservation de son habitat a été jugé **défavorable mauvais**. L'intensification des pratiques agricoles (engrais, pesticides) ainsi que l'urbanisation croissante (eaux de ruissellement, eaux usées) et les prélèvements d'eau à l'étiage nuisent à son habitat.

Sa reproduction est également tributaire de la présence des poissons hôtes de ses larves (= glochidies), ainsi que de leur bon déplacement au sein du réseau hydrographique qui est parfois entravé par des ouvrages de type barrages ou écluses.

La prolifération de certaines espèces exotiques envahissantes comme l'*Anodonte chinoise* ou encore le *Rat musqué* (prédateur direct), impacte également les populations.

Cependant, **plusieurs stations** ont été découvertes en Bresse jurassienne !

### ZOOM SUR ... VERTIGO MOULINSIANA

L'état de conservation de son habitat a été jugé **favorable**. Les actions de drainage et la destruction de zones humides, l'abaissement du niveau des nappes, l'embroussaillage ou le reboisement des cariçaies, ou encore les apports excessifs d'éléments nutritifs provenant de l'agriculture lui sont défavorables, il ne tolère par ailleurs généralement pas le surpâturage et la fauche régulière.

Au sein du site Natura 2000, le nombre de stations conséquent sur un territoire aussi restreint est **exceptionnel à l'échelle régionale** où on ne rencontre bien souvent l'espèce que sur des stations de petite surface et isolées les unes des autres. Les cariçaies et aulnoies marécageuses qui forment ses habitats sont bien représentées et peu menacées en Bresse jurassienne.

### DES PISTES D'ACTION ADAPTÉES

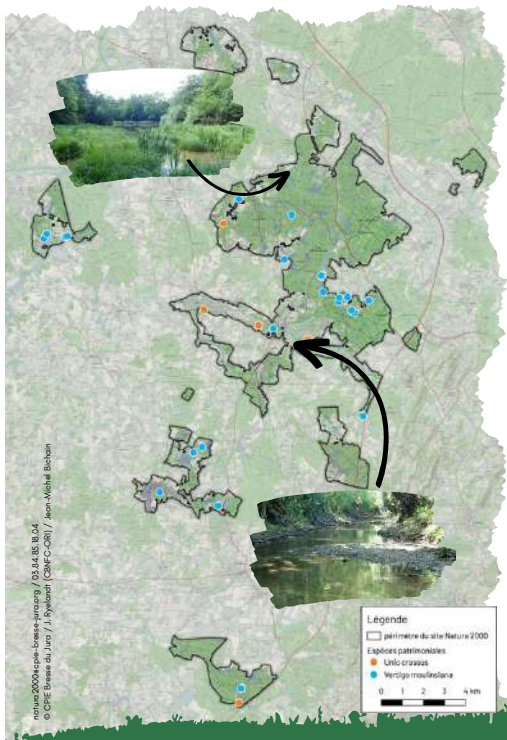
#### BIVALVES

- Préciser les espèces présentes et leur occupation par une étude de l'ADN environnemental
- Mener des recherches ciblées (plongée, prospection au bathyscope selon le cours d'eau)
- Améliorer le transit des poissons et des sédiments (arasement des seuils et barrages)
- Maintenir et entretenir les ripisylves
- Mettre en place des bandes tampon enherbées le long des berges

- Sensibiliser et former les gestionnaires et usagers des rivières et plans d'eau
- Lutter contre les espèces exotiques envahissantes

#### GASTÉROPODES

- Poursuivre le suivi par des prospections au battage tous les 3 à 5 ans sur l'ensemble des stations identifiées
- Améliorer la connaissance sur la répartition de l'espèce au sein du site par de nouveaux inventaires
- Conserver le caractère humide des cariçaies en bord de plan d'eau en évitant des assècs trop longs
- Limiter la progression forestière et la tonte sur les berges



natura2000site-bressejurassienne / 03.04.05.06.04  
© CPIE Bresse du Jura / J. Rylander (CNPFC-CRRI) / Jean-Michel Bohann

# Poster réalisé par M.-J. PARAYRE

## Contribution à l'observation de la durée de vie *in situ* d'une population d'*Helix pomatia*



Marie-Julie PARAYRE<sup>1</sup>

### INTRODUCTION

Suivi *in situ* par capture-marquage-recapture d'une population naturelle d'*Helix pomatia* entre 1996 et 2015 dans un terrain avec espaces herbeux arborés et murets.



Laguëpie (82)

Alt : 230 m

### METHODE

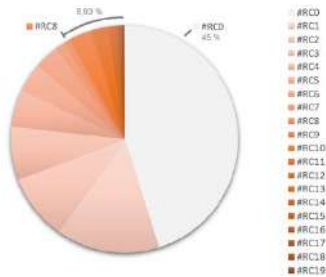
Marquage : code alphanumérique 1 lettre 1 chiffre inscrit à la peinture sur la coquille.

Seuls les individus suffisamment gros et matures, probablement âgés de plus de 2 ans<sup>2,3</sup>, sont marqués. A chaque recapture d'un spécimen vivant, la date et le lieu sont précisés. Les individus ne sont pas déplacés.

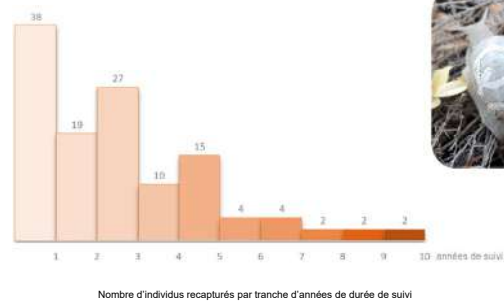


### RESULTATS

224 individus différents ont été marqués.  
Le taux de recapture à au moins une occurrence (#RC1) est de 54,9 % (123 individus).  
20 individus, soient 8,93 % des marqués, ont été recapturés au moins 8 fois (#RC8 et suivants).  
Au total, 731 contacts ont été réalisés (capture ou recapture), répartis sur 173 jours d'observation.



L'analyse des données montre que la durée maximale entre la première et la dernière capture d'un individu vivant est de 3 421 jours (marque Q8), soient 9 ans 4 mois et 11 jours.



Cette durée constatée ne semble pas isolée puisque 10 individus ont été suivis plus de 6 ans, dont :

2 pendant plus de 7 ans (L7 : 2 614 jours, P8 : 2 665 jours),  
2 pendant plus de 8 ans (O5 : 3 224 jours, P7 : 3 270 jours),  
1 autre pendant plus de 9 ans (J8 : 3 339 jours).

### REFERENCES

<sup>1</sup>LIGASZEWSKI M. et al., 2014. Results of research on the active species protection of the Roman Snail (*Helix Pomatia*) using farmed snails in the second year of life.

<sup>2</sup>LIGASZEWSKI M. et al., 2016. Observation on the maturation and development of a Roman Snail (*Helix Pomatia*) population of farmed origin in natural plots.



### CONCLUSION

Même si on ne peut lier la durée de suivi à la durée de vie, si l'on prend en compte l'évidente durée de vie antérieure au marquage, ce suivi démontre que la longévité de certains individus d'*Helix Pomatia* dans des conditions naturelles dépasse les 10 ans et pourrait atteindre 12 ans.

(1) 1392 route des Raynauds, Le Bousquet, 81200 Mazamet (mj.parayre@gmail.com)



# Poster réalisé par B. VINCENT – Coris

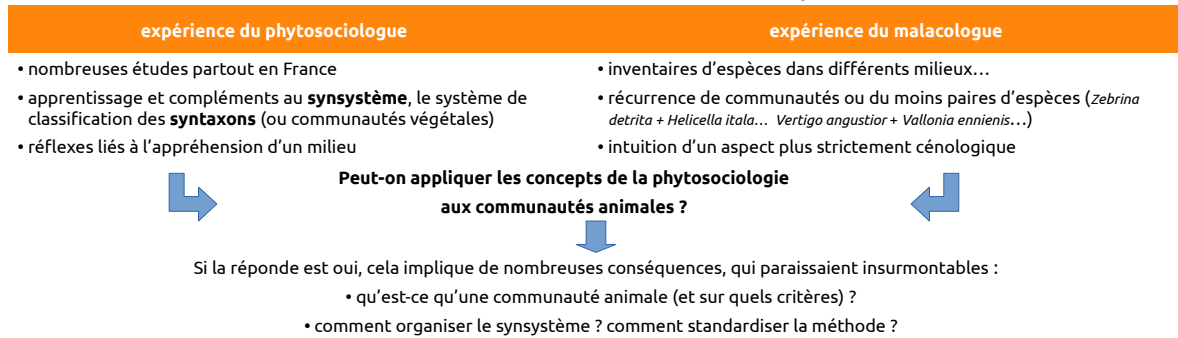
## Sur la description des malacocénoses



Benoît Vincent, indépendant, Paris-Gênes

### 0. Aux fondements de la recherche

C'est d'abord comme naturaliste de terrain que naît l'intuition d'une correspondance milieux – cénoses, puis la recherche sur les communautés de mollusques.



### 1. La réponse de

#### Quézel & Verdier : « Oui ! »

Quézel et Verdier, en 1953, au sujet de coléoptères ripicoles, posent cette même question et leur réponse est : « oui ! », avec certains ajustements. Nouvelle mission : explorer la bibliographie.

bibliographie : ô surprise !	effets attendus	effets inattendus
<ul style="list-style-type: none"> <li>• la théorie des associations malacologiques est présente dès l'origine de la malacologie moderne (Favre, Germain)</li> <li>• on a développé des groupes écologiques (Ložek, Puisségur)</li> <li>• on a même adapté des communautés à partir de la phytosociologie (Jungbluth, Sacchi, Frank, et bien d'autres)</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>mais aussi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• adaptation par rapport aux plantes &gt; autres méthodologies : quid de l'<b>aire minimale</b> &gt; <b>volume minimal</b>, du <b>coefficient d'abondance</b> ?</li> <li>• réticence à élaborer un synsystème</li> <li>• mort de la cénologie en tant que telle</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>un assemblage de diverses synusies</i> ▶</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• élaboration d'un synsystème</li> <li>• choix du <b>type biologique</b> (Raunkier) et de la <b>synusie</b> (Gams) comme unité de base</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• questionner le <b>synsystème</b> phytosociologique (orga-nisation des rangs, interrangs, rangs inférieurs et supérieurs)</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>et donc</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• comprendre l'histoire de l'écologie, et notamment les frictions entre écoles conti-nentales et anglo-saxonnes</li> <li>• constater le primat de celles-ci (l'écosystème a battu la cénose) : <b>autoécologie vs synécologie</b> ou <b>mésologie vs éthologie</b> (Rioux)</li> </ul>

### 2. Résultats & applications

Les résultats sont de deux ordres :

résultats théoriques (critiques)	résultats pratiques (techniques)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• définition des différents types de <b>communautés</b> (population, peuplement, niche, type biologique, assemblage, clade) au regard de la <b>cénose</b>, principe supérieur de la communauté biologique</li> <li>• réactivation du rang, entrevu dans le passé, de « <b>division</b> »</li> <li>• réélaboration de l'articulation cénose/<b>biome</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>synopsis</b> de synsystème (publié) reprenant les communautés décrites par le passé</li> <li>• un fichier tableur reprenant l'ensemble des données écolo-giques pour chaque espèce, pour permettre l'élaboration du relevé <b>MALACOBASE</b> (<a href="https://amboilati.org/dehors/cenologie/">https://amboilati.org/dehors/cenologie/</a>)</li> <li>• des recommandations pour l'élaboration du <b>relevé</b></li> </ul>

@ **Nombreux intérêts liés au plaisir de la classification, à la description naturaliste, mais aussi et surtout à la conservation ! Si l'on protégeait des cénoses plutôt que des espèces, on gagnerait un temps certain, et on aurait des effets notables immédiats !**

### 3. Limites

... nombreuses, comme on s'imagine :

- manque de données brutes : de nombreux relevés existent, mais doivent d'abord être réorganisées notamment autour de la notion de type biologique → synusies..., et d'une méthode de relevé standardisée
- désintérêt des faunistes, et désaccord des botanistes !
- science à réinventer, difficile cohabitation avec l'écologie fonctionnelle...



### 4. Références

- Vincent B. 2021. « What have become of our cenosis? For a renewed cenology ». in *Plant Sociology* n°58(2) : 29-40.
- \_\_\_\_\_ 2022. « Éléments pour la description des communautés animales. Application aux malacocénoses » suivi d'un « Synopsis d'un prodrome des malacocénoses de France et d'Europe », in *Folia Conchylologica* n° 63 : 3-71.

# Poster réalisé par B. VINCENT – Coris

# ANNEXE

## Extrait du synopsis : pulmonés du « paludicène »

### Pulmonés

- D.P01 *Carychiea tridentato – minimi* KM microscopique des lieux humides génériques
- D.P02 *Oxylomo elegantis – Succinea putridis* KC des pulmonés des lieux humides génériques, marais, prairies humides, fourrés humides, roselières, non nécessairement liées à un couvert végétal (syn pp *Euconulo alderi – Succinea putridis* Vincent 2018)
- D.P03 *Euconulo alderi – Vertiginea antivertiginis* KM des pulmonés des lieux humides génériques, marais, prairies humides, fourrés humides, roselières, non nécessairement liées à un couvert végétal (syn pp *Euconulo alderi – Succinea putridis* Vincent 2018)
  - *Vertiginion antivertigino – moulinsianae* KM planitiaires à submontagnardes (syn pp K à *Vertigo spp.* [Häßlein 1966] ; incl K à *Vertigo lilljeborgi* [Häßlein 1966])
  - *Vallonio enniensis – Vertiginion angustioris* KM de litière (syn K à *Vertigo spp.* [Häßlein 1966] ; syn pp dub K à *Vallonio pulchella* [Häßlein 1960] ; syn pp dub K à *Vallonio excentrica* [Häßlein 1960] ; cf. aussi les K à *Columella columella*)
  - *Pupillo alpicolae – Vertiginion genesii* [Häßlein 1960] K alpines et polaires (syn pp *Vertiginion geyero – genesii* Vincent 2018)
- D.P04 *Derocerea agresto – laevis* K des pulmonés aconques [Frank 75]
- D.P05 *Nesovitreo hammonis – Zonitoidea nitidi* {Thiele 1956} KM des pulmonés non herbivores des lieux humides génériques (syn dub pp *Euconulo fulvi – Nesovitrea hammonis* des forêts mixtes à pin [Jungbluth 1978] ; pour Mörzer Bruyns 1947, *N.hammonis* n'est pas caracte des zones humides ; il est vrai que l'espèce est euryèce ; néanmoins la récurrence avérée dans les marais et roselières (sa fidélité) sont telles que j'adopte ici ce syntaxon)
- D.P06 K ind aconque à *Arion subfuscus* des tourbières [Körning 1999]

K = cénose, syn = synonyme, pp = *pro parte* ; les crochets indiquent un groupement documenté (tableaux cénologiques) mais non expressément nommé (avec les désinences de la cénologie) par les auteurs. Désinences en -ea = rang de la division ; désinences en -ion = rang de l'alliance.

## Aperçu de Malacobase

A	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR																								
1	Taxonomie																										et al 1999; Weber-Schubert 2012											Schubert 2012										Cénologie										Synopsis									
2	Nom latin																																																																		
3	<i>Abida sericea affinis</i> (Grossmann)																																																																		
4	<i>Abida sericea sericea</i> (Grossm.)																																																																		
5	<i>Abida sericea sericea</i> (Grossmann)																																																																		
6	<i>Abida sericea sericea</i> (Grossmann)																																																																		
7	<i>Acadostoma excolata</i> (G.L. Müller)																																																																		
8	<i>Acicula decaevanensis</i> (Bertrand)																																																																		
9	<i>Acicula fusca</i> (Mollatou, 1903)																																																																		
10	<i>Acicula lineata lineata</i> (Draparnaud)																																																																		
11	<i>Acicula lineata</i> (Pin, 1984)																																																																		
12	<i>Acicula parvilineata</i> (Cressin, 1911)																																																																		
13	<i>Aciculus impressus</i> Pilsbiki, 1929																																																																		
14	<i>Aciculus senilis</i> (Lacaze, 1756)																																																																		
15	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
16	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
17	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
18	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
19	<i>Aciculus minor</i> (Stable, 1864)																																																																		
20	<i>Aciculus nitida</i> (Mollatou, 1903)																																																																		
21	<i>Aciculus nitida</i> (Mollatou, 1903)																																																																		
22	<i>Aciculus pura</i> (Nider, 1936)																																																																		
23	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
24	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
25	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
26	<i>Aciculus senilis senilis</i> (Lacaze)																																																																		
27	<i>Amphileucina belizae</i> (Lacaze)																																																																		
28	<i>Anodis flavicollis</i> (G.L. Müller, 1774)																																																																		
29	<i>Anodis leucostoma</i> (Müller, 1813)																																																																		
30	<i>Anodis sacchari</i> (Lacaze, 1756)																																																																		
31	<i>Anodis varians</i> (Lacaze, 1756)																																																																		

Les lignes indiquent les espèces, les colonnes un certain nombre de données écologiques : morphologie, biologie, écologie, etc. ainsi que les indications sociologiques et cénologiques des différents auteurs, permettant au final l'affectation d'un code préférentiel à chacune d'elles.

# Poster réalisé par A. WAGNER

## LES MOLLUSQUES TESTACÉS TERRESTRES DE LA MARTINIQUE

Antoine Wagner

### PLEURODONTIDAE



*Pleurodonte orbiculata* (Férussac, 1822)



*Pleurodonte dentiers* (Férussac, 1822)



*Pleurodonte parvis* (Férussac, 1822) Endémique



*Pleurodonte bicolor* (Férussac, 1821) Endémique



*Pleurodonte nucleata* (Rang, 1835) Endémique



*Pleurodonte obesa* (Beck, 1837) Endémique



*Pleurodonte guadelupensis roseolabrum* (Smith, 1911) Endémique



*Discolopis desidans* (Rang, 1834) Endémique



*Gonostomopsis auridens* (Rang, 1834) Endémique



*Pleurodonte hippocastanum* (Lamarck, 1792) Endémique

### HELICINIDAE



*Helicina platychila* (Megerle Von Mühlfeld, 1824)



*Helicina antillarum* Sowerby, 1842 Possiblement endémique



*Lucidella striatula* (Férussac, 1827)



*Helicina fasciata fasciata* Lamarck, 1822

Les Helicinidae comptent aussi l'espèce *H. guadelupensis* Sowerby, 1842, la sous espèce *H. fasciata picturata* Mazé, 1874 ainsi que *H. pudica* Drouët, 1853, jamais revue depuis sa description et deux espèces inconnues découvertes chacune dans une seule station.



Deux clichés de la zone de forêt humide du Nord de l'île propices aux mollusques.

### BULMULIDAE



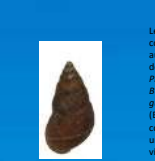
*Drymaeus multifasciatus* (Lamarck, 1822) A gauche coquille colorée à droite la variété albicans (Mazé, 1874)



*Protoglyptus mazi* (Crosse, 1874) Endémique



*Protoglyptus chrysalis* (Pfeiffer, 1847)



*Protoglyptus martinicensis* (Pfeiffer, 1846) Endémique

Les Bulmulidae comptent une autre espèce à décrire, *Protoglyptus* sp et *Bulmulus guadelupensis* (Bruguère, 1789), connu d'une unique coquille vide trouvée sur la commune des Trois Ilets.



### UROCOPTIDAE



*Brachypodella antiperversa* (Férussac, 1832)

### OLEACINIDAE



*Lanvaricella semitorum* (Pfeiffer, 1842) Endémique

### ANNULARIIDAE



*Diplopoma crenulatum* (Potiez & Michaud, 1838)

### SUBULINIDAE



*Allopaes micra* (d'Orbigny, 1835) Introduit



*Subulina octona* (Bruguère, 1789) Introduit



*Allopaes gracile* (Hutton, 1834) Introduit



*Leptinaia unilamellata* (d'Orbigny, 1837) Introduit



*Becklana becklana* (Pfeiffer, 1846) Introduit

La quasi-totalité des espèces de Subulinidae ont été introduites à la Martinique.



*Tomostele musaecola* (Morelet, 1860) Introduit

### ACHATINIDAE



*Lissachatina fulica* (Férussac, 1821) Introduit



*Archachatina marginata* (Swainson, 1821) Introduit



*Limicolaria aurora* (Jay, 1839) Introduit

Les premiers signalements d'Achatinidae se font dans les années

*Lissachatina fulica* (Férussac, 1821) est mentionnée pour la première fois de Martinique en 1988 au Morne Rouge, elle est aujourd'hui présente sur toutes les communes de l'île. *Archachatina marginata* (Swainson, 1821) a été introduite à partir de spécimens originaires du Bénin en 1987, cependant non observée pendant plus de 15 ans elle a été considérée comme non établie avant d'être observée à nouveau à partir de 2002. Aujourd'hui l'espèce est implantée. *Limicolaria aurora* (Jay, 1839) a été introduite en 1989 et observée sporadiquement sur l'île depuis. Beaucoup moins prolifique que les deux premières espèces elle n'est pas considérée comme envahissante.



Zone plus sèche au sommet d'un morne présentant la plus grande diversité d'espèces observées.



*Streptartemon glaber* (Pfeiffer, 1849) espèce malacophage introduite.

### SCOLODONTIDAE



*Tomayoa decolorata* (Drouët, 1859) introduit, observé pour la première fois en 2008 (L. Charles)

### NEOCYCLOTIDAE



*Amphicyclotulus martinicensis* (Shuttleworth, 1857) Endémique



*Amphicyclotulus rufescens* (Sowerby, 1843) Endémique

Une autre espèce de Neocyclotidae a été décrite de Martinique par Drouët en 1859 mais jamais retrouvée depuis sa description. Le matériel type n'a pas été retrouvé dans la collection Drouët mais la description de l'espèce présente des critères que l'on ne retrouve sur aucune autre espèce de l'île aujourd'hui. Dans le doute quand à la validité de cette espèce elle a été classée comme éteinte.

### SUCCINEIDAE



*Succinea cuvieri* Guillard, 1826

### AMPHIBULIMIDAE



*Rhodanyx rubescens* (Deshayes, 1830) Endémique

Les espèces suivantes sont mentionnées de Martinique, souvent connues que d'une ou de rares stations :

- Polygryidae, *Praticolella griseola* (Pfeiffer, 1841), connue d'une station (2008) mais retrouvée par l'auteur en 2023.
- Valloniidae, *Pupisoma discolorata* Morse, 1864, connue de deux stations du Nord de l'île.
- Vertiginidae, *Gastrocampa barbadensis* (Pfeiffer, 1852), collectée sur trois stations au cours de ces 125 dernières années.
- Ferussacidae, *Karolus consobrinus* (d'Orbigny, 1841), connue d'une station à l'extrême Nord de l'île et de deux stations à l'extrême Sud.
- Subulinidae, *Opeas hannense* (Rang, 1831), connue de trois stations mais nécessiterait un travail plus approfondi sur cette famille ou les espèces peuvent être complexes à différencier.
- Streptaxidae, *Huttonella bicolor* (Hutton, 1834), connue que d'une seule station.
- Sagdiidae, *Lactetuna selenina* (Gould, 1848), collectée de quatre stations de la moitié Nord de l'île ces 160 dernières années.
- Bulimulidae, *Protoglyptus luciae* (Pilsbry, 1897), connue de trois stations des Anses d'Arlet.



Forêt humide avec balisiers, milieu où cohabitent plusieurs espèces.



*Omalyox matheroni* (Potiez & Michaud, 1835) Introduit

**Bibliographie:**  
 Bertrand A., 2017 « *Protoglyptus luciae* (Pilsbry, 1897) (Gastropoda Stylommatophora Bulimulidae) espèce nouvelle pour la faune de Martinique » *Folia Conchyliologica* n° 43, 5-7.  
 Delannoy R., Charles L., Pautier J.P., Massemin D., 2015 « Mollusques Continentaux de la Martinique, Non-marine molluscs of Martinique, Lesser Antilles » Biotope, Mèze, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (Collection Inventaire et biodiversité) 328 pages.  
 Wagner A., 2022 « Nouvelles données sur les mollusques terrestres de la Martinique » *Folia Conchyliologica* n°65, 17-28.  
 Wagner A., 2017 « Liste de référence des mollusques de la Martinique » *Folia Conchyliologica* n°43, 8-27.

Crédits photographiques: Régis Delannoy, Antoine Wagner, Sylvain Wagner, Alexandre Jollivard, Michel Descamps, Université de Géorgie, Edouard Nadal, Sylvia Van Leeuwen, Claudine et Pierre Guazennec, Erika Mitchell



# Poster réalisé par V. FICHET – Laboratoire de Géographie Physique (UMR 8591)

## La malacologie du Quaternaire au Laboratoire de Géographie Physique (LGP)

FICHET V.<sup>1</sup>, WACKENHEIM Q.<sup>1</sup>, LIMONDIN-LOZOUET N.<sup>1</sup>, GRANAI S.<sup>1,2</sup>, MOINE O.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Laboratoire de Géographie Physique : Environnements Quaternaires et Actuels (LGP CNRS UMR 8591), 2 rue Henri Dunant, 94320 Thiais.

valentine.fichet@gp.cnrs.fr ; quentin.wackenheim@gp.cnrs.fr ; nicole.lozouet@gp.cnrs.fr ; olivier.moine@gp.cnrs.fr

<sup>2</sup> GéoArchEon (SARL), 30 rue de la Victoire, 55210 Vigneulles-lès-Hattonchâtel. salomegrana@yahoo.fr



### I) Chaîne opératoire méthodologique

#### 1) Terrain

Affleurements variés : tufs calcaires, séquences loessiques, terrasses fluviales...



#### 2) Échantillonnage

Les sédiments sont prélevés en colonne continue le long de la paroi par tranches de 5 à 10 cm d'épaisseur selon la précision recherchée et en respectant les limites stratigraphiques. Le volume des prélèvements varie de 5 à 10 litres en fonction de la richesse fossilifère du dépôt mais il doit être constant au sein d'une même séquence.



#### 3) Tamisage, séchage

Tamisage à l'eau à 0.5 mm, et après séchage, les résidus sont subdivisés à 1 et 2 mm pour faciliter le tri.



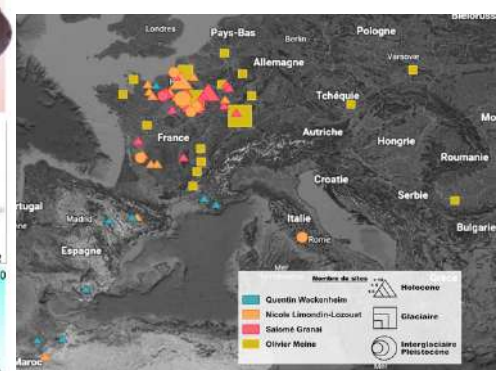
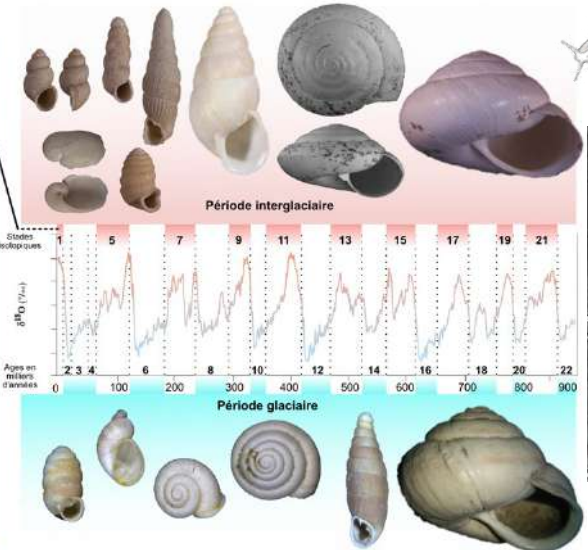
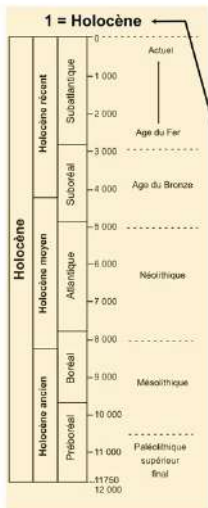
#### 4) Tri des refus de tamis, conditionnement

L'extraction des fragments de coquilles est effectuée sous une loupe binoculaire. La détermination des espèces est réalisée à l'aide d'ouvrages de référence et des collections malacologiques du LGP. Chaque espèce est conditionnée dans un microtube de borosilicate étiqueté, les tubes sont réunis par échantillon dans des boîtes portant les références du site et conservées dans les collections du laboratoire.

Les données acquises sont ensuite incrémentées dans la *Quaternary Molluscan Database*, développée au laboratoire, qui fournit les tableaux de données de base pour réaliser les graphiques et l'interprétation.



### II) Diversité spatiale et temporelle des malacofaunes fossiles étudiées au LGP



# Poster réalisé par E. SAMBOURG – Laboratoire de Géographie Physique (UMR 8591)



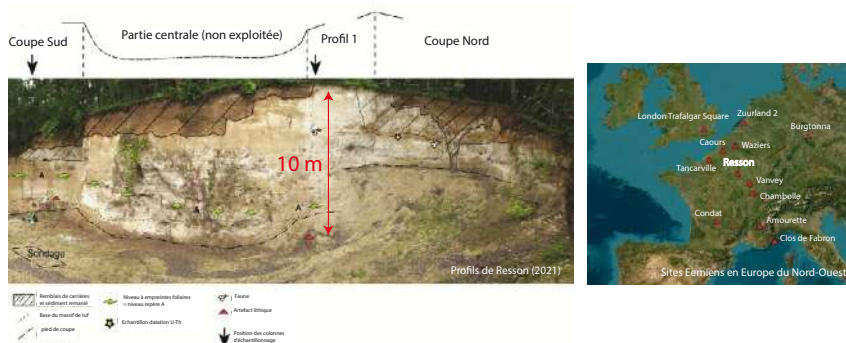
## Etude malacologique du tuf Eemien de Resson (Aube)



E. Sambourg, N. Limondin-Lozouet, J. Dabkowski

Laboratoire de Géographie Physique, UMR CNRS 8591, Université Paris 1, UPEC, 94320 THIAIS

Le site de Resson dans le bassin de la Seine (Aube) constitue l'un des rares enregistrements de l'interglaciaire (IG) Eemien (MIS 5e, 130-115 ka) en France septentrionale. Ce massif de tuf d'environ 20 ha de superficie, connu depuis le XIX<sup>e</sup> siècle pour son importance géologique comme archéologique, fait l'objet de nouvelles études depuis 2021. Des analyses malacologiques et géochimiques ont été développées sur une séquence de 10 m d'épaisseur. Les premiers résultats obtenus permettent de proposer une reconstitution de la dynamique paléoenvironnementale de cette période tempérée depuis son début jusqu'à son optimum climatique. La comparaison avec les données de Caours (Somme), soit la séquence de référence pour cette période, confirment l'extension au cours de l'Eemien de l'aire de répartition de plusieurs espèces aujourd'hui méridionales ou centre-européennes.

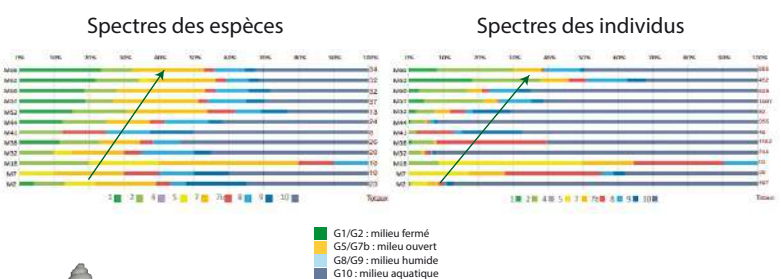


**Matériel**  
 Echantillonnage malacologique / géochimique  
 - 5 kg tous les 10 cm / 50 g tous les 5 cm

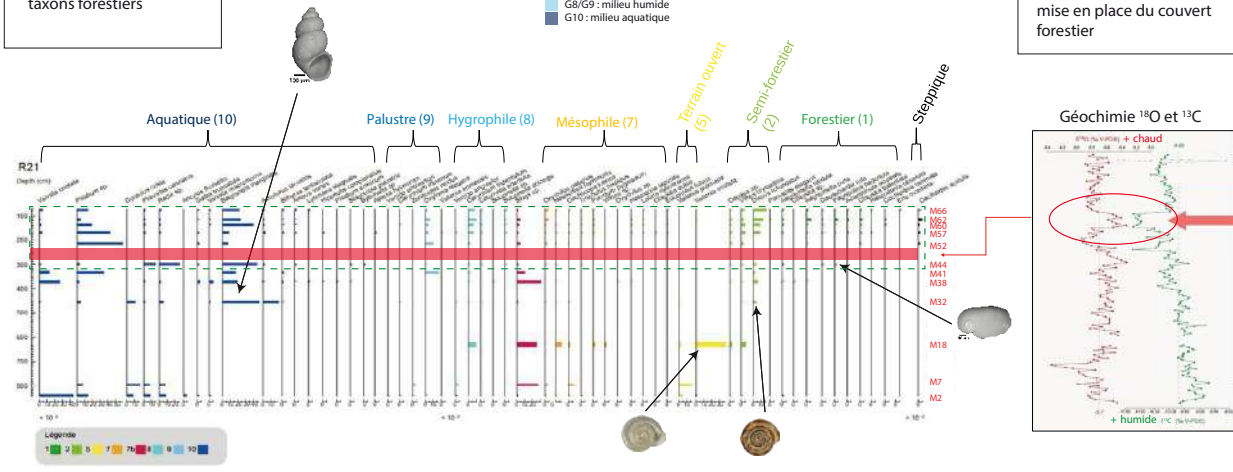
**Malacologie :**  
 - 81 échantillons  
 - 12 échantillons analysés  
 - 57 taxons identifiés  
 - 6596 spécimens comptés

**Géochimie :**  
 - 172 échantillons analysés

- Nombre d'espèces par groupe écologique
- Diversité élevée typique d'une période IG : 57 taxons dont 47 terrestres dont 17 forestiers/semi-forestiers
- Evolution progressive de la diversification des taxons forestiers

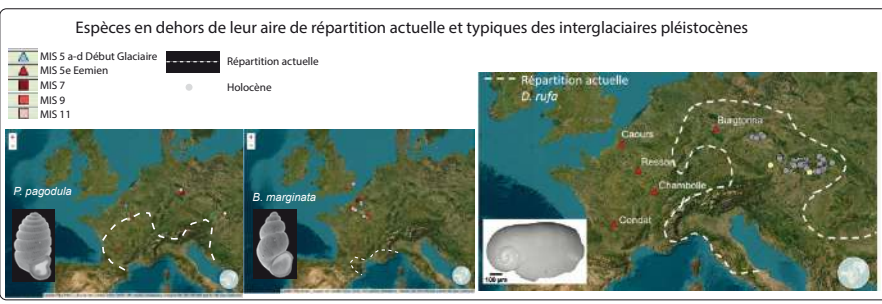


- Nombre d'individus par groupe écologique (en %)
- Abondance = biotopes dominants
- Importance des taxons aquatiques sur la majeure partie de la séquence
- Evolution de l'abondance des taxons forestiers : mise en place du couvert forestier



**Histogramme malacologique**

- Base de séquence : prédominance des taxons aquatiques et pionniers typiques de milieux ouverts et froids
- Dynamique de remplacement des taxons de milieux ouverts et froids par leurs congénères de milieux plus fermés et tempérés : *Vallonia puchella* > *Vallonia costata*, *Discus ruderratus* > *Discus rotundatus*
- Sommet de séquence : enrichissement rapide de la diversité des mollusques (surtout forestiers) --> optimum climatique
- Présence de taxons caractéristiques des IG dont plusieurs hors de répartition actuelle : *Daudebardia rufa*, *Pagodulina pagodula*, *Belgrandia marginata*
- Maximum des forestiers corrélé à l'optimum climatique enregistré par les données géochimiques.



# Poster réalisé par S. VRIGNAUD

## Inventaire des mollusques de la Réserve Naturelle Nationale de la Vallée de Chateaufour (Puy-de-Dôme, France)



Sylvain VRIGNAUD - 7, Clos Joseph Laurent - 03000 NEUVY - FRANCE - [vrignaud.sylvain@free.fr](mailto:vrignaud.sylvain@free.fr)



### Introduction

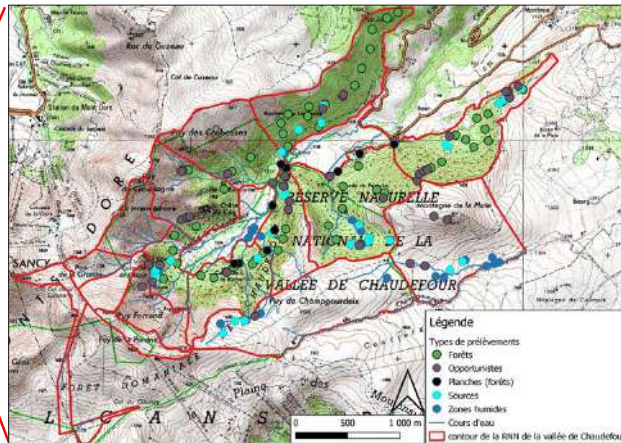
La réserve de la vallée de Chateaufour se situe dans le massif du Sancy a une altitude comprise entre 1135 m et 1885 m. Elle est principalement composée de forêts (41%) et de prairies (42%). L'objectif de l'inventaire était de connaître les espèces présentes sur la réserve, de cerner les enjeux et d'identifier les variables régissant les espèces à enjeux ainsi que leurs peuplement pour éventuellement arriver à des préconisations.

### Abstract

The inventory of the Chateaufour valley reserve allowed the discovery of 39 taxa, 5 of which can be considered to be of conservation concern. Altitude affects the wetlands malacological diversity. Moreover, the effect of dead wood on the malacological forest population could not be demonstrated.

### Méthodologie

➤ Aire d'étude et nature des données



✓ Méthode d'échantillonnage différenciée suivant les milieux

58 relevés forestiers et 23 dans les zones humides

5 minutes d'échantillonnage à vue (carré de 1 m de côté – rouge) + échantillonnages de litière (carrés de 25 cm de côté – verts)

✓ Variables environnementales collectées autour du relevé (forêts)

- Recouvrement strate herbacée, sol nu et roche (sur 1x1 m)
- Quantité de bois mort (sur 5x5 m)
- Pente, orientation de celle-ci, altitude

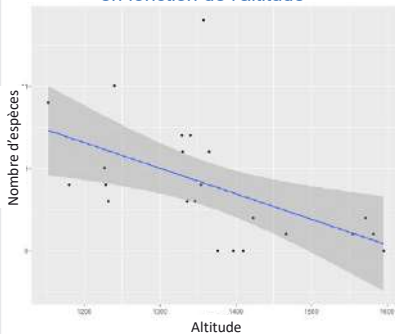
✓ Analyse statistique

- Modèles linéaires généralisés pour le nombre d'espèces en fonction de l'altitude dans les zones humides ;

- Effet des variables environnementales sur le peuplement malacologique forestier -> Analyse de niche effectuée avec la méthode de l'Outlier Mean Index (OMI) (Dolédéc *et al.*, 2000) qui met en perspective le peuplement malacologique via une Analyse Factorielle de correspondance (AFC) et les variables environnementales via une Analyse de Composante Principale (ACP)

### Résultats 39 taxons (3 aquatiques et 36 terrestres)

➤ Nombre d'espèces des zones humides en fonction de l'altitude

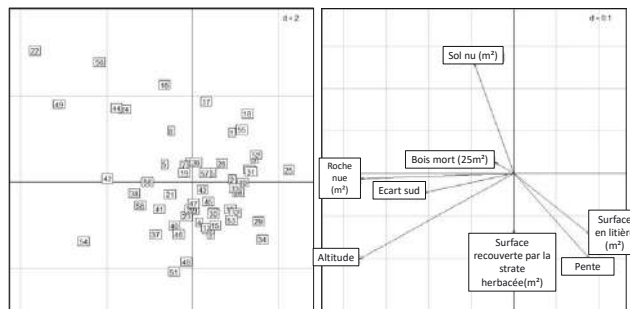


Perte en moyenne d'une espèce tous les 100 m d'altitude

➤ Taxons à enjeux de conservation identifiés :

- *Bythinella* sp.
- *Azeca goodalli*
- *Vertigo liljeborgi*
- *Malacolimax tenellus*
- *Semilimax pyrenaicus*

➤ Variables conditionnant le peuplement malacologique forestier



Disposition des sites\*espèces dans l'Outlier Mean Index en milieux forestiers

Contribution des variables environnementales dans l'Outlier Mean Index en milieux forestiers

Très peu d'effets du bois mort constatés

-> Biais méthodologique ou réalité biologique?

### Conclusions

L'inventaire des mollusques a révélé des enjeux insoupçonnés (en particulier *Azeca goodalli* et *Semilimax pyrenaicus*). Il n'a pas permis l'observation de *Hessemilimax kotulae*, pourtant observé antérieurement (Bruggen, 1957)

Il met en exergue des variables qui conditionnent le peuplement malacologique sur lesquelles le conservateur n'a pas de prise. Mais il est fort probable qu'il subsiste un biais méthodologique dans la prise en compte du bois mort.

### Références bibliographiques :

BRUGGEN A. C. VAN, 1957. Notes on some Land and fresh-water Mollusca from Auvergne, France. — *Zool. Med.*, 35 (2) : 9-20. Leiden. • DOLÉDEC S., CHESSEL D., GIMARET-CARPENTIER C., 2000. Niche Separation in community analysis: a new method. *Ecology* 81, (10) : 2914-2927. <https://doi.org/10.2307/177351>

Pour plus d'informations : Vrignaud S., 2022. Inventaire des mollusques de la Réserve Naturelle Nationale de la Vallée de Chateaufour. 75 pages + annexes. Disponible auprès de l'auteur ! ;)



# RESTITUTION DES ATELIERS

## ATELIER 1

# COMMENT COMPRENDRE ET VALORISER LES DONNÉES PALÉOMALACOLOGIQUES QUATERNAIRES ?

Animé par

**GRANAI Salomé** – LGP - CNRS/P1/UPEC & Géoarchéon

**WACKENHEIM Quentin** – LGP - CNRS/P1/UPEC



En France, la communauté de chercheurs qui étudient les assemblages malacologiques fossiles est restreinte, mais produit un volume de données de plus en plus conséquent au fil des années. La paléomalacologie est une spécialité qui fait appel à une approche actualiste fondée sur la connaissance des faunes modernes et qui implique également des notions en géosciences. L'organisation de l'atelier visait à renforcer les liens entre malacologues « paléo » et « actuel » en fournissant un premier espace de discussion permettant aux deux communautés d'échanger sur leurs intérêts communs et sur leurs pratiques.

L'atelier a été conçu et organisé par l'équipe de paléomalacologie du Laboratoire de Géographie Physique de Thiays (UMR 8591) : Salomé GRANAI, Valentine FICHET, Nicole LIMINDIN-LOZOUET, Olivier MOINE et Quentin WACKENHEIM.

### OBJECTIFS

- 🗣️ L'objectif de l'atelier était (i) de fournir des éléments de compréhension du cadre spatio-temporel des malacofaunes fossiles quaternaires, (ii) d'expliquer les méthodes d'acquisition et d'analyse des données paléomalacologiques et (iii) de montrer dans quelles mesures ces données peuvent être mobilisées pour affiner la conservation des espèces en apportant un regard critique sur l'état actuel de la biodiversité qui soit fondé sur une réflexion sur le temps long.

### DÉROULÉ DE L'ATELIER

A l'issue d'un tour de table avec l'ensemble des participants permettant de cerner les intérêts de chacun à participer à cet atelier, une première partie a été consacrée à la présentation d'un diaporama introduisant les notions essentielles (chronologies, contextes sédimentaires, méthodes) mobilisées en paléomalacologie. Après une brève introduction dédiée à la distinction entre archéomalaco-

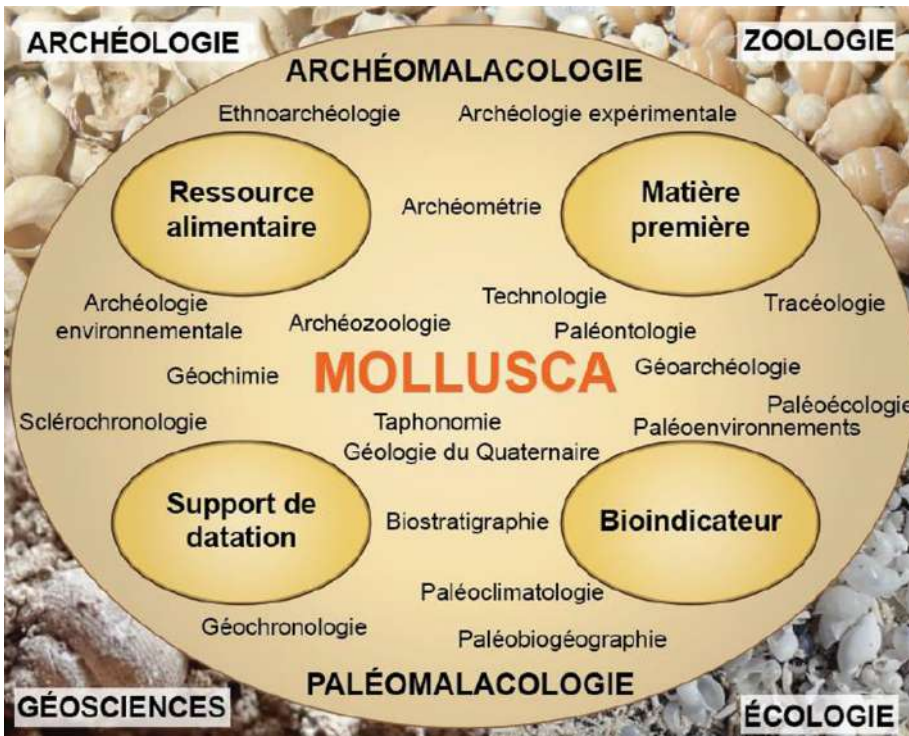
logie et paléomalacologie, les différentes approches mobilisées par la paléomalacologie ont été abordées (Figure 1). L'accent a surtout été mis, pour cet atelier, sur l'utilisation des coquilles de mollusques continentaux comme bioindicateur paléoenvironnemental local de la structure de la végétation et du degré d'humidité des milieux.

L'atelier a réuni une quinzaine de participants issus de divers secteurs, malacologues, paléomalacologues,

étudiants, gestionnaires d'espaces naturels, conservateur de musée et naturalistes indépendants.

### RÉSULTATS DE L'ATELIER

Les « résultats » de notre atelier sont déclinés autour des notions clés transmises par le diaporama et répondent aux objectifs énoncés. Pour chacun des objectifs, un encadré résume les questions et discussions attenantes.



## Cadre chronoclimatique et contextes morphosédimentaires

Le cadre chronoclimatique du Quaternaire, qui correspond aux 2,6 derniers millions d'années, a ensuite été présenté aux participants. Cette ère géologique est caractérisée par la succession de plusieurs cycles climatiques, un cycle correspondant à l'enchaînement d'une période interglaciaire et d'une période glaciaire (Figure 2). Une variabilité interne à ces périodes « chaudes » et « froides » existe et se révèle en affinant les échelles d'observation temporelles et spatiales. La plupart des données paléomalacologiques acquises à ce jour documentent les deux derniers cycles (depuis ~ 250 000 ans). Elles sont particulièrement abondantes pour la période holocène, couvrant les 12 derniers millénaires, en raison d'une meilleure accessibilité des

FIGURE 1 : Proposition d'organisation schématisée des disciplines qui étudient les mollusques fossiles (Wackenheim 2023).

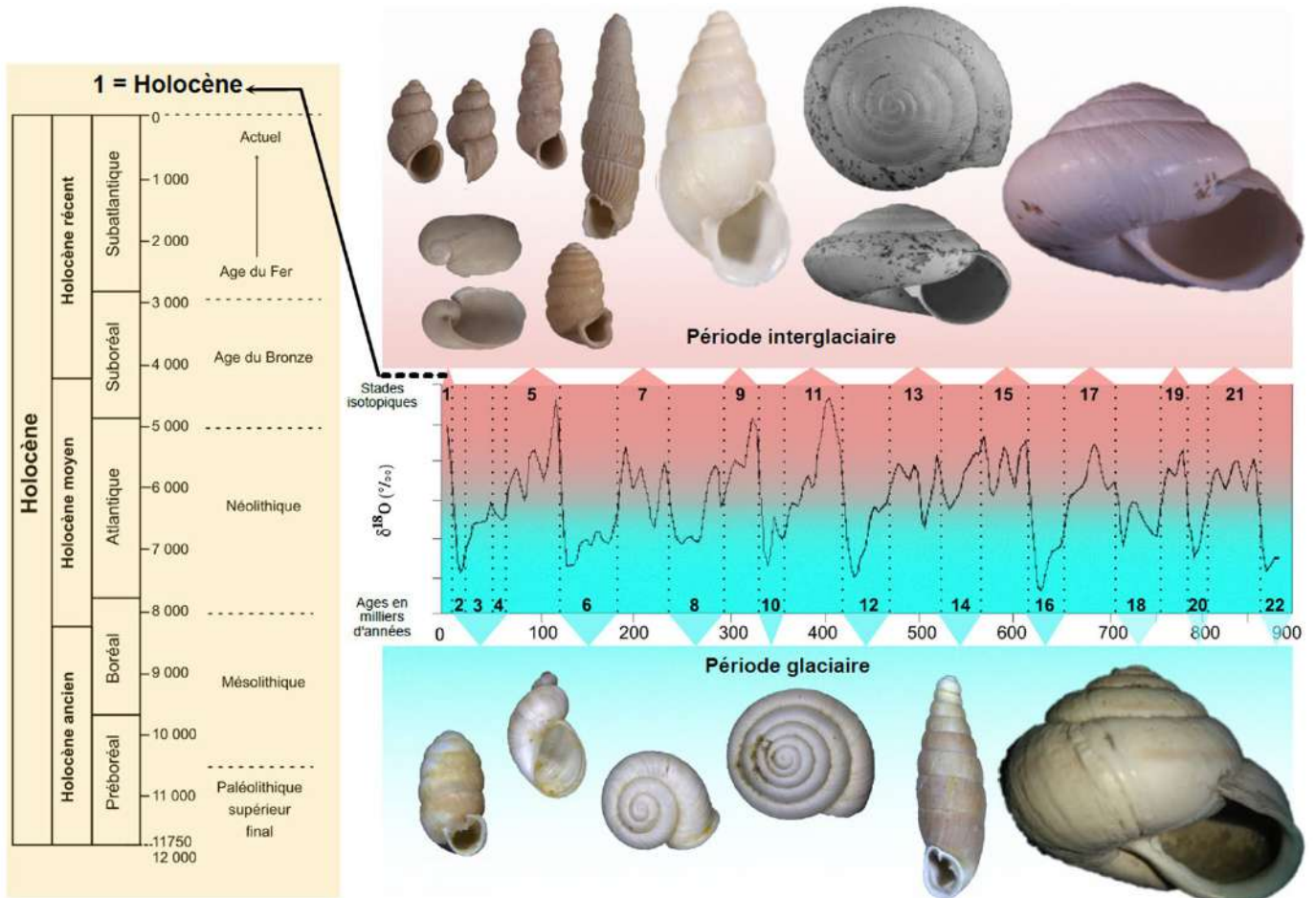


FIGURE 2 : Variations climatiques quaternaires synthétisées par la courbe du δ18O (au centre) ; détail de la chronologie de l'Holocène (à gauche) ; quelques exemples d'espèces retrouvées en période interglaciaire (en haut) et glaciaire (en bas) (V. Fichet).

dépôts relatifs à cette période. Pour l'Holocène, en France, la majorité des espèces retrouvées sont encore présentes aujourd'hui dans la même aire de répartition. Pour les interglaciaires plus anciens, de rares espèces sont éteintes et plusieurs espèces sont retrouvées en dehors de leur aire de répartition actuelle. Enfin, les assemblages malacologiques des périodes glaciaires sont souvent peu diversifiés (< 10 espèces).

L'étude des assemblages malacologiques fossiles implique que les coquilles de mollusques soient conservées dans le sédiment sur une longue durée. Dans ces circonstances, les dépôts carbonatés et fins représentent des contextes sédimentaires particulièrement favorables à la conservation des coquilles. Il peut s'agir de dépôts issus de contextes lacustres, fluviaux, palustres, karstiques, éoliens, littoraux, de versants et même de

contextes archéologiques tels que le remplissage sédimentaire de fossés. Chaque contexte possède ses spécificités et ses contraintes que le paléomalacologue doit intégrer pour recontextualiser ses données. Il n'est pas rare que plusieurs contextes sédimentaires soient représentés sur une seule séquence. Par exemple un ancien bras de rivière alternant des niveaux de tourbes, d'argiles, de tufs et de limons.

## À NOTER

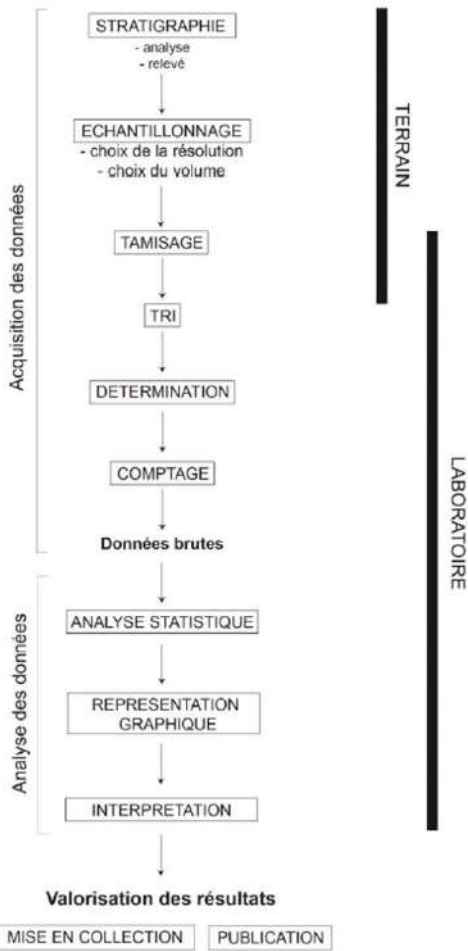
- 🗣️ **La datation des dépôts.** Nous avons évoqué les différentes méthodes de datations, leurs apports et leurs limites. Le carbone 14 tient une place centrale, mais ne peut être employé pour les sites les plus anciens.
- 🗣️ **Les contextes sédimentaires.** Plusieurs discussions ont porté sur la caractérisation du contexte sédimentaire afin d'attester de la position in situ des coquilles de mollusques retrouvées dans un dépôt donné.
- 🗣️ **Échelles temporelles.** Le travail de lecture des cartes de distributions fossiles a permis d'appréhender concrètement les différentes périodes évoquées dans le diaporama.

## Méthodes d'acquisition et d'analyse des données paléomalacologiques

Le travail en paléomalacologie suit un protocole qui vise à produire une analyse non qualitative, mais bien quantitative des données malacologiques. Plusieurs singularités méthodologiques de l'approche paléomalacologique sont présentées aux participants.

- Le pas d'échantillonnage est adapté à la réalité de la stratigraphie et implique l'étude préalable du dépôt avant son prélèvement.
- Le poids ou le volume des prélèvements est standardisé pour une même étude afin de discuter de changement d'abondance.
- Le sédiment est tamisé sur une maille minimale de 500 µm.
- Les refus de tamis sont triés sous loupe binoculaire afin d'extraire les coquilles et les fragments puis un comptage du nombre minimum d'individus par espèce est réalisé, le paléomalacologue travaillant sur un assemblage, représentant un ensemble de données quantifiées.
- L'identification des taxons est possible dans la plupart des cas au rang de l'espèce.
- Les données paléomalacologiques sont souvent figurées par des diagrammes permettant de suivre l'évolution des populations de chaque espèce au cours du temps : les diagrammes d'abondances spécifiques présentent les comptages bruts, les diagrammes de fréquences spécifiques présentent les proportions de chaque espèce par rapport au nombre total d'individus d'un échantillon (Figure 4).
- Une classification écologique des espèces est souvent utilisée pour simplifier la lecture des données paléomalacologiques et suivre l'évolution des grandes composantes paléoenvironnementales des cortèges au cours du temps. Cette classification est le fruit d'une interprétation des paléomalacologues qui s'appuient sur des travaux sur les faunes actuelles.
- Les collections paléomalacologiques sont classées par échantillon et l'ensemble des fragments d'un même taxon sont réunis dans un tube pour chaque échantillon.





## À NOTER

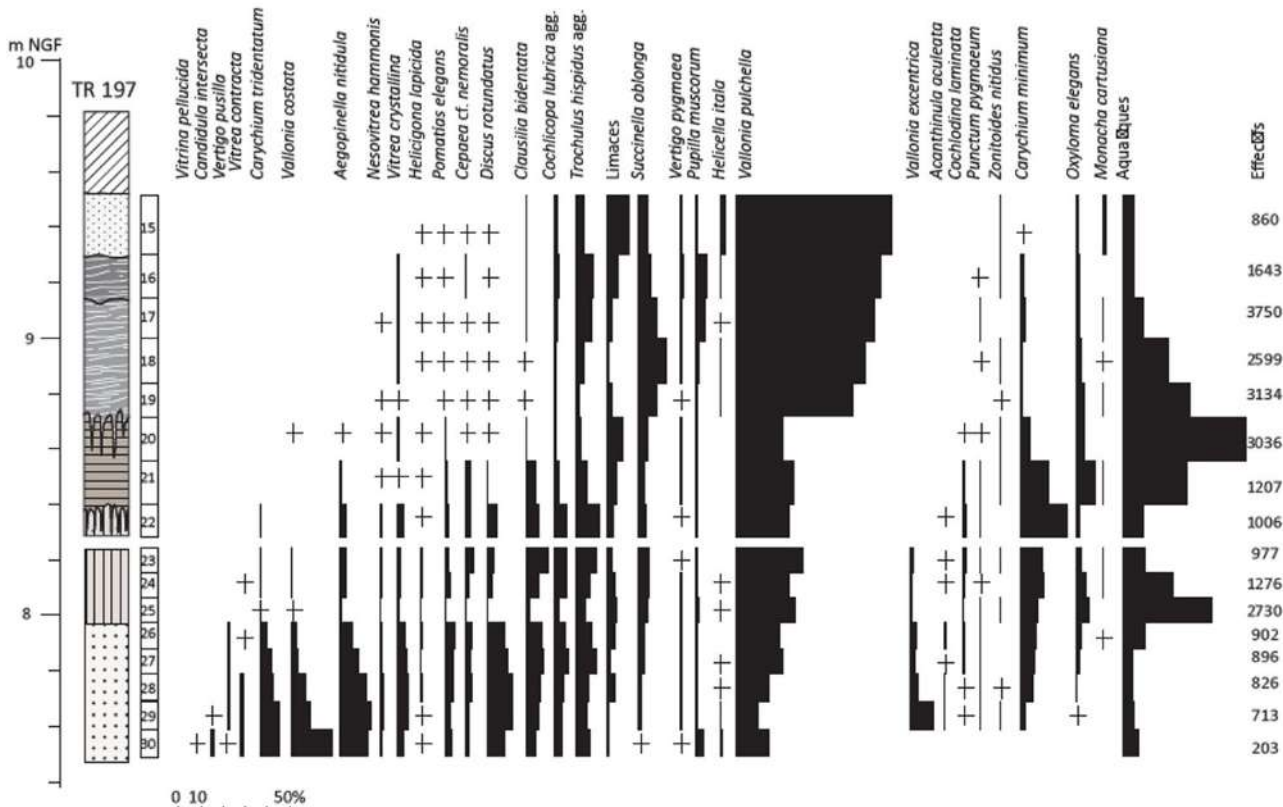
🗨 **Représentation graphique.** La lecture, l'analyse et l'interprétation de diagrammes paléomalacologiques. Les objectifs de ce travail étaient i) de se familiariser avec les représentations graphiques possibles en paléomalacologie, et ii) de comprendre la portée d'une étude paléoenvironnementale.

La réalisation de cette activité a démontré les difficultés liées à la lecture de ce type de représentation graphique. Un lecteur non averti doit être accompagné par un paléomalacologue pour lui faciliter la lecture.

🗨 **L'identification des coquilles de mollusques.** L'identification des coquilles fossiles et de leur fragment ne peut pas faire appel à des critères anatomiques ou génétiques.

Il existe donc des limites dont les paléomalacologues doivent être conscients pour certains genres ou familles.

**FIGURE 3 :** Chaîne opératoire méthodologique d'une étude quantitative des assemblages en paléomalacologie (Wackenheim 2023).



**FIGURE 4 :** Diagramme de fréquences spécifiques de la séquence holocène de «La Couture aux Rois» (Porte Joie, Eure) analysé dans le cadre de l'exercice (Granai).

## Conservation des espèces et appréhension de la biodiversité sur le temps long

Depuis une dizaine d'années, une « nouvelle » discipline appelée *Conservation Paleobiology* a émergé aux États-Unis. L'objectif de cette approche est de mobiliser les données paléoenvironnementales, paléontologiques, paléoclimatologique et paléoécologiques pour

conserver et protéger les espèces ainsi que leurs habitats. La portée diachronique des données fossiles fournit des éléments pour i) déterminer l'état de référence et la variabilité des écosystèmes naturels, ii) caractériser la réponse des organismes aux changements environnementaux et climatiques, et iii) identifier les espèces les plus fragiles.

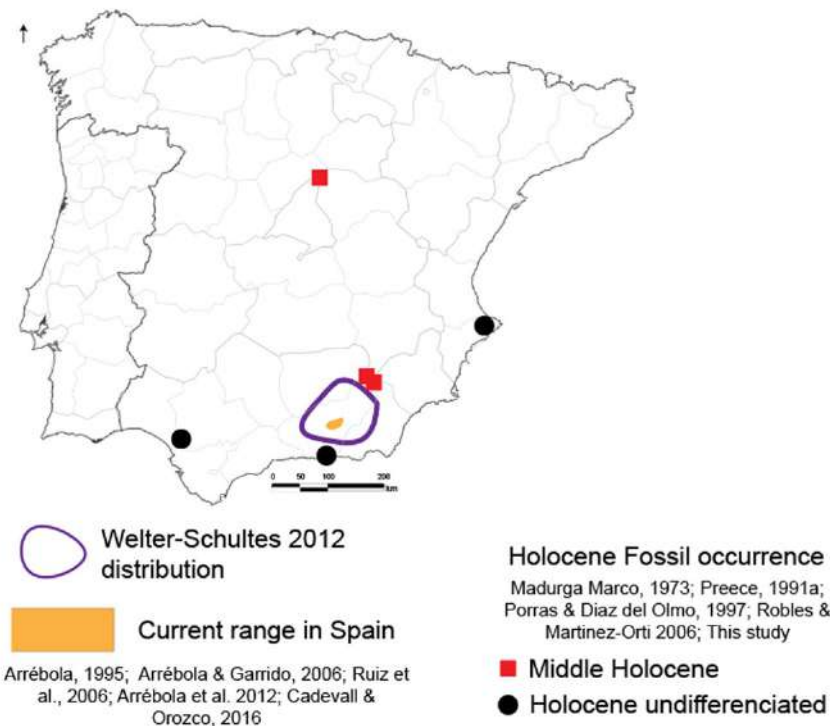
À ce titre, les mollusques continentaux fossiles représentent un

excellent matériel pour conduire cette approche, notamment du fait que la grande partie des espèces retrouvées depuis le début du Quaternaire soient toujours présentes aujourd'hui en Europe bien que leurs aires de répartition aient pu changer. Pour les mollusques continentaux, une première étape du travail de paléobiologie de la conservation consiste donc à confronter les cartes d'occurrences fossiles et d'occurrences actuelles des espèces (Figure 5).

### À NOTER

- 🗨 **Intérêt de la Quaternary Molluscan Database.** Il s'agit d'une base de données accessible sur demande qui a été élaborée en tenant compte des spécificités de la chronologie du Quaternaire et de l'étude des mollusques fossiles
- 🗨 **Comparaison des occurrences fossiles et actuelles.** La comparaison des cartes de répartition a démontré que les distributions fossiles sont très souvent méconnues en dehors des paléomalacologues. Cette comparaison apporte un point de vue critique pour affiner la conservation de certaines espèces. Les objectifs de ce travail étaient i) d'exploiter et de valoriser les données extraites de la Quaternary Molluscan Database pour ii) caractériser l'évolution des aires de répartition et iii) discuter de grands changements paléobiogéographiques.

## *Orculella aragonica* (Westerlund, 1897)



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Le compte rendu proposé ne permet pas d'expliquer en long et en large la paléomalacologie et son intérêt pour la biologie de la conservation des mollusques. Afin d'approfondir les notions abordées dans le cadre de l'atelier, et de fournir des ressources pour s'y replonger ultérieurement, une liste de références est proposée ci-dessous. Cette liste thématique et non exhaustive permet d'appréhender la paléomalacologie en traitant de la géologie et de la chronologie de la période quaternaire, des méthodes d'étude en paléomalacologie, et en paléobiologie de la conservation.

## LE QUATÉNAIRE

### Chronologie

— Gibbard P.L. & Head M.J., 2020. The Quaternary Period.

**FIGURE 5 :** Comparaison entre les données d'occurrences fossiles et la distribution actuelle d'un taxon endémique espagnol *Orculella aragonica*. Sa distribution holocène est plus large durant l'Holocène tandis que seules quelques populations subsistent aujourd'hui en Andalousie. Les données fossiles soutiennent le statut d'espèce en danger à l'échelle du territoire espagnol.

In F. M. Gradstein, J. Ogg, M. Schmitz et G. Ogg (eds.), *Geologic Time Scale 2020*. Elsevier B.V, 1217-1255.

– Head M.J., 2019. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions. *Quaternary International*, 500 (May), 32-51.

– Railsback L.B., Gibbard P.L., Head M.J., Voarintsoa N.R.G. & Toucanne S., 2015. An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the climatostratigraphic nature of isotope stages and substages. *Quaternary Science Reviews*, 111, 94-106.

– Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L.C., Fisher D.A., Long A.J., Lowe J.J., Newnham R.M., Rasmussen S.O. & Weiss H., 2012. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: A discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *Journal of Quaternary Science*, 27 (7), 649-659.

– Walker M., Head M.J., Lowe J., Berkelhammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L.C., Fisher D., Gkinis V., Long A., Newnham R., Rasmussen S.O. & Weiss H., 2019. Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalization of stages/ages and subseries/subepochs, and designation of GSSPs and auxiliary stratotypes. *Journal of Quaternary Science*, 34 (3), 173-186.

### Géologie des dépôts quaternaires

– Campy M., Macaire J.-J. & Grosbois C., 2013. *Géologie de la surface : érosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux*. Dunod, Paris, 3<sup>e</sup> édition, 442 p.

– Chaline J., 1972. *Le quaternaire, l'histoire humaine dans son environnement*. Doin, Paris, 338 p.

– Dewolf Y. & Bourrié G., 2008. *Les formations superficielles. Génèse - typologie - Classification - Paysages et environnements - ressources et risques*. Ellispse, Paris, 896 p.

– Miskovsky J.-C., 2002. *Géologie de la préhistoire : méthodes, techniques, applications*. Géopré, Perpignan, 1519 p.

– Lowe J. & Walker M., 2015. *Reconstructing quaternary environments*. Routledge, Oxon, 538 p.

– Riser J., 1999. *Le quaternaire : géologie et milieux naturels*. Dunod, Paris, 320 p.

## PALEOMALACOLOGIE

### Généralités

– André J., 1991. *Les mollusques terrestres témoins de l'environnement humanisé*. In J. Guilaine (ed.), *Pour une Archéologie Agricole. A la croisée des sciences de l'homme et de la nature*. Armand Colin, Paris, 491-512.

– Chaix L., 1986. Les mollusques continentaux. Apports à la paléocéologie et à la chronologie du Quaternaire. *Revue d'Archéométrie*, 10 (1), 33-38.

– Germain L., 1923. Les climats des temps quaternaires d'après les mollusques terrestres et fluviatiles. *L'Anthropologie*, 33, 301-322.

– Grossu A. V., 1994. Malacologie, archéologie et ethnologie. L'utilisation des mollusques dans les études archéologiques et ethnologiques. *Vertigo*, 4, 1-9.

– Limondin-Lozouet N., 2020. Diversité et répartition des faunes de Mollusques continentaux de France : l'héritage du Quaternaire. *Naturae*, (8), 131-141.

– Limondin-Lozouet N. & Preece R.C., 2014. Quaternary perspectives on the diversity of land snail assemblages from northwestern Europe. *Journal of Molluscan Studies*, 80 (3), 224-237.

– Martin S. & Magnin F., 2013. *Du paléoenvironnement au paléopaysage : peut-on reconstituer les paysages anciens et leur évolution à partir des données paléocéologiques ?* In D. Galop (ed.), *Paysages et Environnement. De la reconstitution du passé aux modèles prospectifs*. Presses Universitaires Franc-comtoises, 81-96.

### Méthodologie

– Allen M.J., 2017. *Molluscs in Archaeology: Methods, Approaches and Applications*. Oxbow Books, 449 p.

– Davies P., 2008. *Snails: archaeology and landscape change*. Oxbow Books, Oxford, 199 p.

– Evans J.G., 1972. *Land snails in Archaeology. With special reference to the British Isles*. Seminar Press, London, 426 p.

– Limondin N., 2002. Les mollusques continentaux. In J. C. Miskovsky (ed.), *Géologie de la Préhistoire*. GEOPRE, Perpignan, 773-784.

– Limondin-Lozouet N. & Moine O., 2014. Taphonomie des malacofaunes continentales. In C. Denys et M. Patou-Mathis (eds.), *Manuel de Taphonomie*. Errance, Paris, 165-184.

– Lozek V., 1964. *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. Rozprawy Ústředního ústavu geologického, Praha, 374 p.

– Lozek V., 1986. Mollusca Analysis. In B. E. Berglund (ed.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley and Sons, Chichester, 729-740.

– Puisségur J.J., 1976. *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. Mémoires géologiques de l'université, Dijon, Doin, 241 p.

– Sparks B.W., 1961. The Ecological Interpretation of Quaternary Non-Marine Mollusca. *Proceedings of the Linnean Society of London*, 172 (1), 71-80.

### En contexte archéologique

- Granai S., 2016. Les données malacologiques en contexte archéologique. *Les nouvelles de l'archéologie*, (142), 9-13.
- Magnin F. & Martin S., 2008. Grandeur et misère de l'analyse malacologique, ou comment discriminer les facteurs climatiques et anthropiques de l'évolution des paysages holocènes. *Bulletin archéologique de Provence*, Supplément, 61-73.
- Martin S., Jorda C., Gandelin M., Jung C. & Bel V., 2017. L'étude des escargots au service de l'archéologie ou l'apport de la malacologie à la compréhension des activités agro-pastorales et des paysages anciens. *Les Nouvelles de l'archéologie*, (148), 34-39.

### « PALEOBIOLOGIE DE LA CONSERVATION »

- Barnosky A.D., et al., 2017. Merging paleobiology with

conservation biology to guide the future of terrestrial ecosystems. *Science*, 355 (6325).

- Dielt G.P. & Flessa K.W., 2011. Conservation paleobiology: Putting the dead to work. *Trends in Ecology and Evolution*, 26 (1), 30-37.
- Dielt G.P. & Flessa K.W., 2017. *Conservation Paleobiology Science and Practice*. The University of Chicago Press, Chicago, 316 p.
- Dielt G.P., Kidwell S.M., Brenner M., Burney D.A., Flessa K.W., Jackson S.T. & Koch P.L., 2015. Conservation paleobiology: Leveraging knowledge of the past to inform conservation and restoration. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 43, 79-103.
- Fordham D.A., Jackson S.T., Brown S.C., Huntley B., Brook B.W., Dahl-Jensen D., Thomas Gilbert M.P., Otto-Bliesner B.L., Svensson A., Theodoridis S., Wilmshurst J.M., Buettel J.C., Caneri E., Mcdowell M., Orlando L., Pilowsky J., Rahbek C. &

Nogues-Bravo D., 2020. Using paleo-archives to safeguard biodiversity under climate change. *Science*, 369 (6507).

- Jackson S.T. & Williams J.W., 2004. Modern analogs in quaternary paleoecology: Here today, gone yesterday, gone tomorrow? *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 32, 495-537.
- Kowalewski M., 2009. The youngest fossil record and conservation biology: Holocene shells as eco-environmental recorders. In G. P. Dielt et K. W. Flessa (eds.), *Conservation Paleobiology: Using the Past to Manage for the Future*. University of Chicago Press, Chicago, 7-29.
- Preece R.C., 1998. Molluscan Conservation: The importance of the fossil record. *Journal of Conchology*, Spe Iss 2, 155-164.
- Willis K.J. & Birks H.J.B., 2006. What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity conservation. *Science*, 314 (5803), 1261-1265.

---

Rédaction : **Q. Wackenheim & S. Granai**, avec l'aide de **V. Fichet, N. Limondin-Lozouet & O. Moine**.

## ATELIER 2

# CONSTITUER ET CONSERVER UNE COLLECTION DE MOLLUSQUES

### Pourquoi ? Comment ? Quelles sont les bonnes pratiques ?

Animé par

**GARGOMINY Olivier** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)

**GERRIET Olivier** – Muséum d'Histoire naturelle de Nice



Les collections de mollusques sont essentielles pour faciliter les déterminations et les mettre à jour en fonction de l'évolution des connaissances en systématique. Les institutions (muséums, universités, ...) conservent des spécimens mais les malacologues non professionnels constituent également des collections. Depuis la collecte jusqu'à la conservation, la création et l'enrichissement de ces ensembles soulèvent de nombreuses questions.

Par ailleurs, les besoins de la systématique moléculaire nécessitent de revoir les méthodes de conservation afin de disposer de matériel adéquat. L'objectif de l'atelier était d'identifier les raisons pour lesquelles la collecte de spécimens se justifie, se questionner sur les techniques éprouvées qui permettent une préparation et une conservation optimale des spécimens. Il a permis également d'échanger sur les possibilités d'étude de ces collections, travaux qui sont favorisées par le partage des ressources pour la communauté sur des plateformes d'information dédiées.

Tous ces points ont été abordés au cours d'un échange qui a surtout révélé que les participants n'étaient pas tous informés de certaines contraintes et ne savaient pas où trouver les informations : ils seraient donc très intéressés par une synthèse francophone concernant les bonnes pratiques.

## ■ DÉROULÉ DE L'ATELIER

Pour évaluer les attendus des participants concernant la thématique de l'atelier, il leur a été demandé de synthétiser leurs questionnements et leurs idées sur les problématiques de collecte, de conservation de spécimens et du partage des informations en résultant. Un temps d'échange préalable a dressé les grandes lignes et l'orientation de ces thématiques, sachant que le cadre de cette réflexion s'entend pour des

collections institutionnelles ou personnelles, pouvant servir à la fois de référence mais aussi de support pour réévaluations ultérieures. Ainsi les collections « de loisir », simplement centrées sur l'aspect esthétique, avec pas ou peu de documentation sur la provenance des spécimens, ne sont pas l'objet de cette réflexion.

Les questions suivantes ont également guidé la réflexion des participants.

Quelles sont les bonnes pratiques (déontologiques, techniques) pour

la préparation et la conservation de spécimens ? Groupe d'espèces à collecter ? Pourquoi ? Collecter quoi ? Collecter comment ? Quelles données associées à la collecte ? Comment préparer en fonction des objectifs (coquilles, anatomie, radula, appareil génital, moléculaire, parasites) ? Comment bien conserver à long terme ? Comment augmenter l'utilité des collections en diffusant leur contenu sur des bases de données institutionnelles ? Quelles base de données (personnelles, institutionnelles, SINP,...) ?

## Identification des questionnements et problématiques relatifs à la collecte, la conservation et le partage des données pour les mollusques continentaux

Les échanges ont permis de mettre au jour que les questionnements sont élémentaires et laissent transparaître un besoin important de réponses et d'éclaircissements aux problèmes soulevés en introduction.

Ainsi les questions des participants sont les suivantes :

- **Concernant la collecte :**

Quels sont les impacts des prélèvements? Quelles espèces sont à collecter et à conserver? Comment tamiser et pourquoi? Quelle technique pour conserver les animaux complets? Quels liquides de conservation? Comment collecter et étudier les espèces parasites? Est-ce que des méthodes de collecte standardisées existent? Comment marquer les spécimens collectés? Comment différencier les jeunes des adultes? Est-ce problématique d'avoir des jeunes? Comment prendre en compte les problématiques de pérennité des collections dans le cadre de recommandation demandée par les services déconcentrés de l'état dans le cadre d'études d'espèces protégées? Quelles sont les limites d'identification sur coquilles? Quel matériel est utile pour le prélèvement? Est-ce que des photos sont suffisantes? Le cas échéant quelle qualité est nécessaire?

- **Concernant la conservation :**

Quelles sont les techniques de conservation? Comment entretenir et nettoyer les collections? Dans quel liquide se pratique la conservation en fluide? Doit-on fixer les spécimens au préalable? la conservation en fluide est-elle différente selon les recherches (parasitologie, identification, génétique)? Selon les organes à conserver? Comment faire pour obtenir de l'alcool? L'alcool dénaturé est-il utilisable? Quels sont les informations primordiales à conserver sur l'étiquette du spécimen? Quels sont les conditions environnemen-

tales optimales pour la conservation des collections (lumières, humidité, entretien etc)? Comment optimiser l'espace de stockage des collections? Comment classer/ranger la collection? Comment transporter les spécimens de collection?

- **Concernant le partage des données :**

Quelles bases de données pour les données? Pour les collections? Quels sont les liens entre les différentes bases de données? Y a-t-il des problèmes à partager sur plusieurs bases? Doit-on prendre des photos pour les bases de données? Les données sont-elles vérifiées lors de la mise en base de données / lors du partage?

## Synthèse des discussions et conclusion de l'atelier

L'échange qui s'ensuit a permis d'apporter quelques réponses basiques à ces questions.

Ainsi l'objectif de la collecte, dans les contraintes déjà évoquées, est principalement motivé par deux aspects. Le premier est de pouvoir faciliter la détermination taxinomique, en particulier pour certains taxons qui nécessitent des observations microscopiques de la coquille ou des dissections. Le second, favorisé par une conservation pérenne des spécimens, est de pouvoir consulter ou réétudier les observations par le biais des spécimens collectés. Cet aspect permet ainsi de rectifier d'éventuelles erreurs de déterminations et même, en fonction des avancées des connaissances taxinomiques, de pouvoir effectuer des mises à jour dans les déterminations.

Au niveau des bonnes pratiques, quelques conseils ont été évoqués. Une collecte déontologique est de première importance, à savoir ne prélever que de manière réfléchi, en ne négligeant pas les espèces dites communes, et surtout en ayant une vision claire sur la réglementation relative aux espèces protégées et aux espaces naturels réglementés. Le cas échéant, des autorisations de collecte doivent être obtenues. Les individus vivants ne doivent être

collectés que s'ils peuvent être préparés dans un délai court. Il faut en effet pouvoir noyer et transférer en alcool après plusieurs heures les plus grosses espèces ou ébouillanter en extension pour les plus petites avant de les mettre en alcool. Les individus vivants ne doivent jamais être plongés directement en alcool.

D'un point de vue technique une attention particulière doit être apportée à l'étiquetage des spécimens avec une rigueur extrême pour les informations de provenance (commune, lieu-dit et si possible coordonnées géographiques en degrés décimaux pour faciliter les saisies informatiques) et date de collecte. Ces informations essentielles méritent d'être complétées par le nom du collecteur et éventuellement des observations supplémentaires. Il faut également prendre en compte le vieillissement de ce marquage avec des altérations possibles (effacement des inscriptions, destruction de l'étiquette par des moisissures ou la consommation par les mollusques vivants,...). Pour la conservation à long terme il faut prendre soin d'utiliser des étiquettes en papier neutre (qualité habituelle des papiers actuels, mais il faut le vérifier). Pour le marquage les inscriptions sur le papier doivent être effectuées à l'aide de graphite (crayon ou crétérium) que ce soit pour les coquilles ou les spécimens conservés en alcool. Pour les spécimens conservés en alcool, il faut autant que possible trouver un papier à fibres longues ou à minima un papier d'un grammage supérieur à 90g/m<sup>2</sup> en vue d'éviter le délitement dans le temps.

Une réflexion doit aussi être posée concernant les contenants. Les contraintes sont généralement différentes pour la collecte et pour la conservation à long terme. Il est donc envisageable d'avoir des contenants adaptés pour chacun de ces usages. Pour les coquilles, la conservation se fait dans les meilleures conditions dans des boîtes ou pots en polyéthylène voire en polystyrène cristal. Les matériaux tels que le PVC, le carton commun, le polyuréthane, le caoutchouc sont à proscrire totalement. Il faut noter que des matériaux de qualité musée (carton permanent et tubes en verre borosilicaté) sont

commercialisés pour les professionnels mais complexes à acquérir pour un particulier. Concernant les collections en alcool, la question du contenant est essentielle. Il faut qu'il soit le plus hermétique possible. Trouver des pots en polyéthylène est possible mais délicat car l'étanchéité n'est pas toujours garantie (des tests doivent être fait). L'emploi de tubes en polyéthylène à l'étanchéité incertaine ou de piluliers en verre avec couvercle en polyéthylène peut-être envisagé seulement s'ils sont regroupés dans un contenant plus grand type bocal à couvercle métallique lui-même rempli d'alcool. Des conditionnements plus complexes avec des caracté-

ristiques adaptés aux collections de musées existent mais seraient trop long à décrire ici.

Une problématique supplémentaire a été évoquée, concernant l'approvisionnement et la qualité de l'alcool qui doit être employé. Il est ainsi essentiel d'utiliser de l'alcool avec un degré supérieur à 75 (entre 75° et 96° selon l'usage). Pour faciliter les dissections au muséum de Nice un mélange à 85° glycérolé est utilisé. Pour la conservation à destination d'analyses génétiques l'alcool à 96° est recommandé. Idéalement de l'alcool non modifié est préférable. Les institutions de recherche peuvent l'obtenir en effec-

tuant une demande de numéro de dédouanement auprès des douanes. Pour les particuliers, une sollicitation auprès de pharmaciens ou l'achat dans des pays frontaliers (Italie notamment) peut-être une solution.

Les quelques conseils ainsi proposés ne sont que parcellaires. Le temps nécessaire à les développer et l'absence de réponses simples à certaines questions nous encouragent à orienter la communauté malacologiste française vers la rédaction d'un guide pratique qui synthétise les connaissances actuelles dans le domaine de la collecte et de la conservation des collections.

---

Rédaction : **O. GARGOMINY & O. GERRIET**

## ATELIER 3

# LISTE ROUGE NATIONALE... ET APRÈS ?

## Comment passer de l'évaluation aux actions de conservation ?

Animé par

**BRUGEL Eric** – LPO France

**GIGOT Guillaume** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)

**LÉONARD Lilian** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)



La malacofaune de France bénéficie désormais d'évaluations récentes des risques de disparition d'une série d'espèces en métropole et en outre-mer, à la suite des publications réalisées pour la Liste rouge nationale (CF UICN, OFB, MNHN). Ces résultats des statuts de conservation sont établis et diffusés dans le cadre de l'INPN (<https://inpn.mnhn.fr/accueil/recherche-de-donnees/listes-rouges-espèces>).

En métropole, plus de 40% des espèces n'ont pu être évaluées faute de connaissances précises et de données suffisantes sur la distribution et les tendances des populations.

Pour le reste, une fois le risque de disparition déterminé selon la méthode de l'UICN, la question est de savoir comment ces statuts se traduisent en termes d'actions de conservation et de politiques publiques (liste d'espèces protégées ou déterminantes ZNIEFF, plan national d'action, etc.). L'objectif de ces ateliers est d'identifier des pistes concrètes et des leviers d'action dans les politiques publiques en faveur des mollusques menacés à partir des résultats Listes rouges produits.

### OBJECTIFS

- 🗣️ Définir des priorités d'actions en faveur des mollusques continentaux ;
- 🗣️ Identifier des messages clés consensuels pour la conservation des mollusques continentaux.

### CHIFFRES CLÉS

- Si 77 espèces sont identifiées dans l'Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection, on peut noter que 14 d'entre elles sont menacées selon les résultats de la Liste rouge nationale (<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000645048>).
- On connaît 64 espèces menacées non couvertes par la protection réglementaire (source INPN 2023).
- Seulement 3 espèces sont concernées par des PNA, l'Hélix de Corse, la Grande mulette, la mulette perlière (<https://www.ecologie.gouv.fr/plans-nationaux-dactions-en-faveur-des-espèces-menacées>).



## Mollusques continentaux (691 espèces)

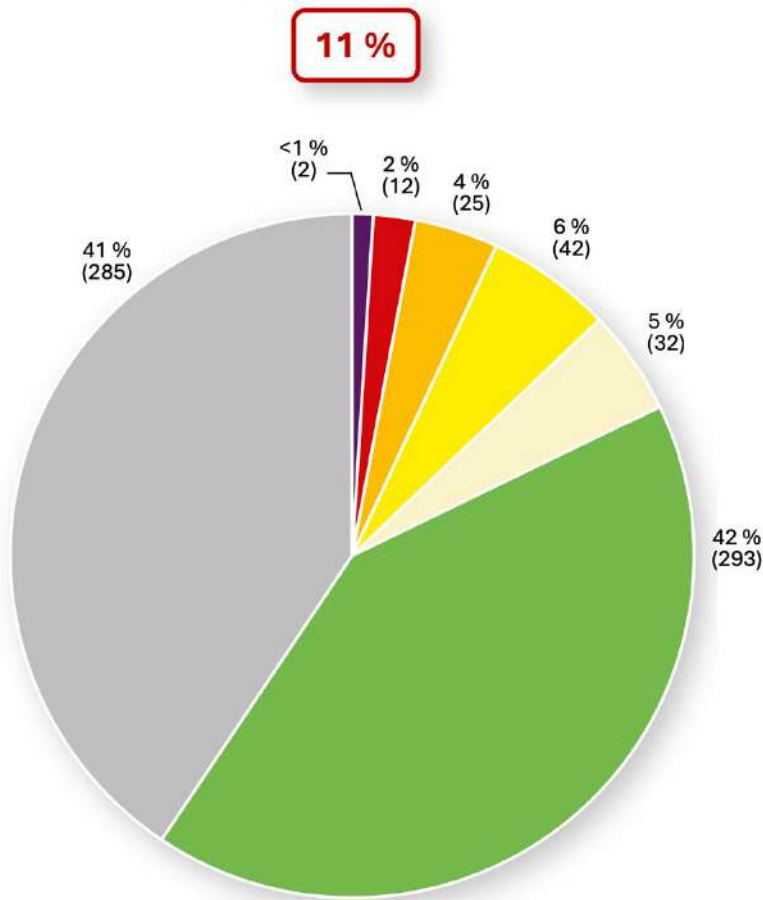


FIGURE 1 : Synthèse des résultats de la Liste rouge nationale (CF UICN, OFB, MNHN, 2021, modifié)

## DÉROULÉ DE L'ATELIER

Cet atelier collaboratif s'est articulé autour de plusieurs questionnements découlant des résultats de la Liste rouge nationale :

- Comment développer les stratégies de connaissance en faveur des espèces DD ?
- La liste actuelle des mollusques protégés (et les statuts réglementaires associés) nécessite-t-elle une révision ?
- Les Plans Nationaux d'Action (PNA) pour les espèces menacées sont-ils l'outil adéquat ?
- Peut-on définir d'autres leviers pour la conservation des mollusques (LR régionales, espèces endémiques) ?

Les attendus des ateliers sont envisagés sous la forme d'une ébauche de feuille de route avec des priorités de conservation, des pistes d'actions en région et, si possible, un groupe de contributeurs motivés pour appuyer la révision de l'arrêté de protection de 2007.

L'atelier a été segmenté en deux sessions distinctes, permettant au plus grand nombre de participants au colloque de contribuer aux réflexions. Les participants de chaque session ont travaillé en petits groupes de discussions autour de deux questions clés (« Que faut-il protéger ? » et « Comment assurer une protection efficace sur le terrain ? ») et déclinées à deux niveaux géographiques (national ou régional). Chaque session s'est conclue par un temps de restitution, de partage et de synthèse des messages clés.

Les résultats présentés ici synthétisent les contributions des 36 participants de l'atelier et issus d'origine diverses (bureaux d'étude, CEN, étudiants, DREAL, CPIE, aires protégées...).

## RÉSULTATS DE L'ATELIER

Les principaux messages peuvent être regroupés en deux catégories, selon leur portée nationale ou régionale.



FIGURE 2 : Travail collaboratif autour des stratégies à déployer suite à la parution de la Liste rouge nationale.

Au niveau national, ces messages sont « plutôt destinés » au Ministère chargé de l'écologie et à l'OFB. Ils incluent :

- **La nécessité d'améliorer la connaissance des distributions des espèces de mollusques continentaux à enjeux (menacées et protégées), notamment par la création de cartes d'alerte et la formation à l'identification des espèces protégées.** L'objectif est d'améliorer l'efficacité de l'instruction et du contrôle sur les espèces réglementées afin d'atteindre les objectifs en termes d'état de conservation. L'amélioration des connaissances est particulièrement nécessaire et attendue pour certains groupes d'espèces pour lesquels une révision taxonomique est indispensable (ex : Bythinelles, Alzonielles, etc.) et les espèces mal connues (Data déficient).
- **L'importance du respect de la réglementation et de son application, avec un appel à une meilleure prise en compte des espèces protégées d'invertébrés dans les études d'impact.** Il a notamment été évoqué d'améliorer le porté à connaissance pédagogique qui pourrait valoir « preuve morale » et une plus grande fermeté sur le respect de la réglementation, en cas de destruction de stations d'espèces protégées.
- **Des suggestions pour la révision de l'arrêté de 2007, mettant en garde contre le risque de régression et recommandant une révision approfondie prenant en compte divers critères, y compris l'endémicité des espèces.** Les participants ont évoqué une inquiétude quant au risque de révision à la baisse ou d'influence vers le « moins-disant ». Les positions et avis divergent sur la stratégie à adopter entre cibler un grand nombre d'espèces ou se focaliser sur un échantillon plus réduit mais privilégiant des espèces parapluie. Les différents groupes s'accordent en revanche que le travail de révision doit s'établir sur des critères

de hiérarchisation privilégiant l'argumentaire scientifique en première approche. Dans le cas des mollusques, beaucoup d'espèces endémiques menacées sont très localisées impliquant une responsabilité plus modérée à l'échelle nationale qu'à celle des régions ou des départements. Proposer une réglementation davantage déclinée à l'échelle locale plutôt que générique sur l'ensemble du territoire pourrait être privilégiée. Il a été enfin rappelé l'importance de tenir compte des habitats dans la réglementation et en privilégiant une approche par la protection des habitats d'espèces à enjeux.

- **L'importance de considérer les espèces quasi-menacées dans les priorités de conservation, ainsi que les espèces dites sensibles, en adoptant une approche scientifique et en libérant les données.** Dans la mesure où les espèces quasi-menacées (NT) d'aujourd'hui sont les espèces vulnérables ou en danger de demain, les participants se sont accordés sur l'importance de prendre en compte ces espèces dans les exercices de priorisation. Sur le sujet de la sensibilité de la diffusion des données de présence, les échanges ne font pas consensus et la pertinence mérite d'être analysée au cas par cas pour certaines espèces comme les mulettes. D'un autre côté, l'ensemble des participants s'accordent sur le fait que les données doivent être facilement consultables et librement accessibles.
- **Des approches multi-espèces et habitat sont encouragées, ainsi que des Plans Nationaux d'Actions axés sur les habitats.** Pour plus d'efficacité et de cohérence écologique, une mutualisation des expertises intégrées serait bénéfique autant pour la protection réglementaire que pour la mise en place de Plans nationaux d'action (PNA). Le cycle de vie des mulettes et de leurs poissons hôtes, qui font également l'objet de PNA, a été

cité pour illustrer cette proposition. Plus généralement, l'approche « habitat » est plébiscitée pour aboutir à des PNA « fonctionnels » ou « à préférence écologique » comme par exemple les macro-bivalves des cours d'eau et des étangs, malacofaune des sources (crénobiontes), des milieux souterrains (stygobie), des prairies xérothermique, des forêts anciennes, etc.

Au niveau régional, ces messages s'adressent aux agences régionales pour la biodiversité, aux associations, aux gestionnaires d'espaces protégés, aux bureaux d'études et aux laboratoires de recherche. Ils incluent :

- **L'importance de l'endémicité dans la conservation des mollusques au niveau local, avec un appel au développement des aires protégées par une meilleure mobilisation des outils de protection existants et à une sensibilisation accrue du public.** L'objectif est d'améliorer l'appropriation des questions de responsabilité et de patrimoine local associées à la malacofaune par les publics professionnels (formation) et non-professionnels (sciences citoyennes). Le panel implique notamment les services et autorités en charge des évaluations environnementales, des études d'incidences, des études d'impacts mais aussi du financement des projets de restauration à l'instar des Agences de l'Eau.
- **Des recommandations pour la prise en compte des espèces menacées dans les politiques régionales, notamment en encourageant la création de réseaux d'observation et la mise à jour des listes d'espèces présentes dans les territoires.** Développer un réseau d'observateurs plus important permettrait une meilleure prise en compte des mollusques dans les programmes de connaissance comme les ZNIEFF. À l'échelle locale, ce réseau aurait la capacité d'alerter sur les taxons à enjeux ou la protection des « stations types ». Le renforcement

des compétences en malacologie parmi les Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) est un objectif qui peut être identifié. Encourager le partage des connaissances et des données au niveau régional dans le cadre du SINP a été largement soutenu au cours des échanges.

- **Déployer l'élaboration des Listes Rouges Régionales sur les mollusques dans toutes les régions de France.** Des propositions d'adosser des listes de priorités d'actions régionales aux LRR, voire ajouter des visions ou rendus par éco-régions lorsque cela est faisable ont été formulées par les participants. Dans ce cadre, une attention particulière doit être donnée aux espèces en limite d'aires de répartition, aux espèces les plus menacées et celles pour lesquelles la protection nationale n'est pas suffisante pour assurer un bon état de conservation.
- **Des propositions pour la conservation des milieux naturels et la lutte contre les espèces exo-**

**tiques envahissantes, ainsi que pour une meilleure intégration de la malacofaune dans les documents de gestion des aires protégées.** Rappelons que la dégradation des habitats et l'urbanisation, la pollution des milieux humides, les espèces exotiques envahissantes et le réchauffement climatique sont les menaces et pressions majeures qui pèsent sur la malacofaune de France. Des propositions ont été formulées quant au développement de la connaissance et de la recherche pour documenter l'impact des EEE et limiter leur introduction dans les écosystèmes, notamment aquatiques, avec le soutien à des projets de restauration et de pérennisation de ces milieux. Par ailleurs, il est souhaité une meilleure prise en compte de la malacofaune dans les documents de gestion des aires protégées ainsi que dans les projets de restauration. Vis-à-vis des gestionnaires, l'enjeu est de promouvoir un meilleur porté à connaissance

sur les espèces de mollusques à enjeux et d'explicitier les modalités de gestion adéquates dans les programmes d'actions des aires protégées.

En conclusion, ces deux sessions d'atelier ont mis en évidence la forte motivation et la dynamique grandissante des malacologues en faveur de la conservation des espèces à enjeux dans leurs territoires respectifs. Un groupe d'une dizaine de participants s'est montré enthousiaste à l'idée de contribuer activement à la révision de l'arrêté de protection de 2007 dès que la démarche sera officiellement lancée. Cependant, pour que cette impulsion se traduise en actions tangibles, il est crucial que le réseau des experts et bénévoles français se structure davantage et s'organise de manière plus formelle. Une telle structuration permettrait non seulement de faire entendre davantage leur voix, mais aussi de mieux les représenter dans les instances scientifiques et politiques qui façonnent les décisions relatives à la conservation des mollusques.

---

Rédaction : **E. BRUGEL, G. GIGOT & L. LÉONARD**

## ATELIER 4

# SURVEILLANCE ET SUIVI TEMPOREL

Animé par

**GAZAY Camille** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)

**LÉONARD Lilian** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)



En raison de données disponibles insuffisantes, 90 % des évaluations de mollusques terrestres et aquatiques menées à l'échelle nationale dans le cadre du rapportage communautaire au titre de la directives Habitats-Faune-Flore (DHFF) ou des Listes rouges, ne peuvent s'appuyer que sur avis d'experts ou aboutissent à un résultat inconnu. Pour répondre à ce constat, un programme de surveillance de la biodiversité terrestre est en cours de construction en vue d'améliorer les connaissances sur la tendance de l'aire de distribution, l'estimation des effectifs et tendances des populations, ou l'évaluation de l'habitat d'espèce. Dans une approche écosystémique, le suivi de certaines communautés de mollusques peut également participer à la surveillance de certains types de milieux à conserver.

### OBJECTIFS



L'atelier vise à partager les objectifs et le périmètre du projet de surveillance de la biodiversité terrestre et d'identifier les premiers éléments de construction nécessaires à un dispositif de suivi pour les mollusques terrestres.

## DÉROULÉ DE L'ATELIER

Celui-ci a été organisé en 3 séquences :

- **1. En quoi consiste la surveillance ? Pourquoi en a-t-on besoin ?** Présentation du sujet et questions/réponses entre les animateurs et les participants.
- **2. Quel constat aujourd'hui ? Où en sommes-nous ? Quel état des lieux ?** Réflexion individuelle puis mise en commun des réponses des participants.
- **3. Comment avancer pour construire cette surveillance des mollusques ?** Discussion en sous-groupes, sur deux questions.

### Séquence 1: En quoi consiste la surveillance ? Pourquoi en a-t-on besoin ?

"La surveillance de la biodiversité consiste en l'observation répétée de ses composantes sur le long terme, afin de percevoir des changements en qualité ou en quantité aux différents niveaux d'organisation (écosystèmes, habitats, espèces, gènes). N'ayant pas vocation à s'arrêter, elle repose sur l'acquisition périodique de données standardisées ou de mesures de variables à l'échelle d'un territoire".

La surveillance de la biodiversité est une brique de la connaissance, qui porte un caractère temporel (proche de la notion de suivi, ou d'un ensemble de suivis) : sans chercher à démon-

trer une hypothèse précise, elle vise à observer et mesurer les changements dans l'état de la biodiversité, en lien avec les pressions qui pèsent sur elle et les réponses apportées par les politiques publiques. Elle doit permettre d'appuyer les évaluations de l'état de conservation des espèces et habitats (dans le cadre des directives Habitats-Faune-Flore et Oiseaux, notamment) sur des données fiables et actualisées. Au-delà du suivi des espèces et habitats à enjeux particuliers (rares ou menacés, prélevés, envahissants, etc.), la surveillance concerne également les espèces communes et l'ensemble des écosystèmes, dans le cadre d'approches par échantillonnage. Le cœur de la surveillance s'appuie donc sur des données protocolées, qui peuvent être complétées par d'autres sources de données moins structurées (opportunistes, etc.).

1 <https://www.patrinat.fr/fr/surveillance-de-la-biodiversite-terrestre-6806>

En France, le programme national de surveillance de la biodiversité terrestre<sup>2</sup> vise à rassembler, renforcer et pérenniser les dispositifs de suivi existants qui contribuent à cette surveillance, et développer de nouveaux suivis complémentaires sur les lacunes identifiées. Un premier document cadre, publié début 2024, explicite les enjeux, l'état des lieux et les propositions pour y répondre<sup>3</sup>.

Pour les mollusques continentaux, les processus d'évaluation (notamment au titre de la directive Habitats-Faune-Flore ou dans le cadre des Listes rouges) posent le constat d'une forte mobilisation de l'avis d'ex-

2 Des programmes nationaux de surveillance pour le milieu continental aquatique (en réponse à la directive-cadre sur l'eau : <https://www.eau-france.fr/vers-le-bon-etat-des-milieus-aquatiques>) et pour le milieu marin (en réponse à la directive cadre stratégie pour le milieu marin : <https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/A-propos/Programme-de-surveillance>) sont déjà en place. Dans le cadre de cet atelier, l'ensemble des mollusques continentaux sera néanmoins abordé (car les mollusques aquatiques ne sont pas traités dans la surveillance DCE).

3 <https://inpn.mnhn.fr/actualites/lire/15361/un-nouveau-cadre-pour-surveiller-l-etat-de-la-biodiversite>

perts, fautes de programmes nationaux structurés pour la surveillance de ces espèces et communautés. Après avoir présenté ce contexte, les séquences suivantes de cet atelier visent à échanger avec la communauté des malacologues autour de ce constat, pour identifier des pistes de développement possibles et les conditions de leur réussite.

## Séquence 2 : Partager le constat : pourquoi n'a-t-on pas de dispositif de suivi temporel des mollusques aujourd'hui ? Sur quoi peut-on déjà s'appuyer ?

A titre de comparaison, on recense différents dispositifs de suivi et surveillance qui sont déployés en France pour les oiseaux, en vue de répondre à divers objectifs. Il existe par exemple : le suivi temporel des oiseaux communs (STOC) conçu pour évaluer les variations spatiales et temporelles de l'abondance des popula-

tions nicheuses d'oiseaux communs ; des protocoles spécifiques pour les espèces rares ou à enjeux particuliers (ex : observatoire nicheurs rares et menacés, comme balbuzards, vautours, aigles...) ou des protocoles dédiés à certains types de milieux tels que le comptage Wetlands qui correspond à un recensement international annuel des populations hivernantes d'oiseaux d'eau sur les zones humides afin d'étudier les tendances des populations d'oiseaux d'eau hivernant à l'échelle des voies de migrations et des zones humides françaises et identifier les sites à fort enjeu pour l'avifaune.

En quelques minutes de réflexion individuelle, les participants sont amenés lors de cette séquence à dresser le constat et à identifier **(1) les freins et obstacles** et **(2) les leviers et outils existants** en vue du développement d'une surveillance pour les mollusques continentaux. La collecte des idées et la mise en commun permet de dresser un premier état des lieux qui fait ressortir quatre thématiques principales reprises dans le tableau suivant.

<b>LES FREINS ET OBSTACLES</b> <i>Pour les mollusques, pourquoi n'a-t-on pas de dispositif de suivi harmonisé actuellement ?</i>	<b>THÉMATIQUES PRINCIPALES</b>	<b>LEVIERS ET OUTILS EXISTANTS</b> <i>Sur quoi peut-on déjà s'appuyer? De quoi dispose-t-on (réseaux, protocoles, ...)?</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peu d'experts dans la matière</li> <li>• Manque d'experts</li> <li>• Manque de bénévoles</li> <li>• Manque de moyens financiers</li> <li>• Absence de structure support ou de coordination</li> <li>• Absence de formation</li> </ul>	<p><b>Moyens humains et financiers</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financements européens ou État pour les inventaires et suivis des espèces Plan national d'action (PNA) et/ou Directive Habitats-Faune-Flore (DHFF)</li> <li>• Réseau de naturalistes existant (mais non structuré)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence d'obligation réglementaire forte (type DCE - la DHFF ne suffit pas)</li> <li>• Pas d'harmonisation des protocoles au niveau national (notamment dû au caractère hétérogène du groupe "mollusques")</li> <li>• Manque d'ingénierie, de matériel, d'infrastructure</li> <li>• Inventaires participatifs compliqués</li> <li>• Besoin de définir les objectifs de départ - <i>qu'est-ce qu'on veut surveiller ?</i></li> <li>• Manque de reconnaissance comme bioindicateurs (Mulettes non-prises en compte dans l'Indice Invertébrés Multi-Métriques (I2M2))</li> </ul>	<p><b>Technique et structurel</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseau Directive Cadre sur l'Eau existant pour le milieu aquatique - bien structuré</li> <li>• Suivi des espèces Plan national d'action (PNA) et/ou Directive Habitats-Faune-Flore (DHFF)</li> <li>• Existence de protocoles locaux et de grilles d'échantillonnage</li> <li>• Si des protocoles de surveillance flore existent, ils pourraient être fusionnés avec un suivi malacologique</li> <li>• Sciences participatives (Vigie-Nature - <i>opération escargot dans les jardins</i>, INaturalist, GBIF, FauneFrance) avec outils de saisie et bases de données</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxonomie en cours de clarification</li> <li>• Difficultés d'identification - manque de références et de supports</li> <li>• Groupe taxonomique complexe à déterminer</li> <li>• État des connaissances insuffisant (écologie, distribution)</li> <li>• Statuts de protection des espèces peu connus - <i>manque de prise en compte dans les études réglementaires</i></li> </ul>	<b>Connaissance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Groupe taxonomique dans une bonne dynamique</li> <li>• Collections muséologiques</li> <li>• Référentiel taxonomique</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problème d'image et de communication</li> <li>• Manque de popularité de taxons</li> </ul>	<b>Communication</b>	

### Séquence 3 : Comment avancer pour construire cette surveillance des mollusques ?

Après avoir partagé et précisé ce constat, les participants sont collectivement amenés à exprimer leurs idées et identifier des pistes d'actions en vue de la construction d'une surveillance des mollusques continentaux. Le recueil de ces éléments servira de point de départ à une réflexion approfondie qui sera conduite en 2024.

La réflexion des participants est organisée autour de deux questions :

- **(1) Que veut-on surveiller?**  
 Cette question vise à préciser le périmètre et les objectifs attendus d'une surveillance nationale des mollusques. Pour y répondre, on distingue d'une part les cibles taxonomiques (ex: différents groupes d'espèces selon le niveau de connaissance, les enjeux, leur rôle (espèce bio-indicatrice, communes...), les méthodes de suivi, etc.) et d'autre part les variables et paramètres que l'on

veut mesurer (tendances de la population, de la répartition, de l'habitat d'espèce, etc.), et éventuellement les variables environnementales à collecter.

- **(2) Quelles pistes d'action?**  
 Dans un second temps, les participants sont amenés à identifier et proposer des pistes d'actions nécessaires pour la mise en œuvre d'un tel dispositif de surveillance des mollusques, si possible en distinguant les mesures à déployer à court ou à plus long terme.

QUE VEUT-ON SURVEILLER ?	
CIBLES TAXONOMIQUES	VARIABLES ET PARAMÈTRES
<p><b>Éléments de réflexion préalables nécessaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surveillance : suivi sans a priori, fondé sur un échantillonnage aléatoire avec un relevé systématique, dans différents types d'environnement</li> <li>• Démarche académique (observation, opinion neutre)</li> </ul> <p>Besoin d'un arbre décisionnel pour déterminer le groupe écologique cohérent à suivre (possiblement rester au niveau du genre, qui peut donner une idée de la diversité + marqueur de l'état écologique).</p>	<p><b>Remarques générales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficile d'aborder les populations de mollusques par la question des effectifs (variable quasi impossible à obtenir). Pour estimer les tendances, privilégier un proxy "répartition" et des outils comme les modèles de distribution d'espèces (SDM) + données de présence/absence. Cela permettrait d'identifier des zones potentiellement favorables à ces espèces</li> <li>• Intégrer une notion d'abondance lorsque c'est possible</li> <li>• Expliquer les données de suivi en fonction des pressions/influences : coupler les données malacologiques aux autres suivis environnementaux</li> </ul>
<p>Définir des groupes fonctionnels, ce qui détermine ensuite tous les autres paramètres (fréquence, nombre de sites à suivre, protocole), par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espèces aquatiques</li> <li>• Espèces de litière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• variables de population (sur esp. aquatiques)</li> <li>• impossible d'obtenir des variables de population (sur esp. de litière), sauf à travailler à l'échelle du genre</li> </ul>

<p><b>Distinguer deux types de cibles :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espèces à statut Liste rouge préoccupant et DD</li> <li>• Espèces communes (notion de cortège) :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir des cortèges d'espèces selon les milieux, pour cibler les espèces à surveiller à long terme</li> <li>• Faire des suivis multi-taxons</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectifs et répartition pour les esp. menacées</li> <li>• Présence/absence quand le quantitatif n'est pas possible</li> <li>• Micro-habitats</li> <li>• Habitats (remarquables et communs)</li> <li>• Caractérisation du site prospecté (variables stationnelles, pédoclimatiques, etc.)</li> </ul>
<p>Exemples de groupes possibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grands bivalves</li> <li>• micro-bivalves</li> <li>• gastéropodes aquatiques</li> <li>• limaces</li> <li>• etc.</li> </ul>	
<p>Développer une approche par milieux, plutôt que par taxons ?</p>	<p>Exemples d'axes de stratification nécessaires ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• biodiversité communale</li> <li>• naturalité</li> <li>• &gt; 800 m, montagne</li> </ul>

### PISTES D' ACTIONS (COURT / LONG TERME)

<p><b>Actions relatives à l'échantillonnage</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En fonction des groupes, définir le dimensionnement, la temporalité, la saisonnalité + les protocoles</li> <li>• Développer un protocole probabiliste fondé sur les habitats favorables à la malacofaune</li> </ul> <p>+ développer le cadrage national pour croiser les points de vue et mettre en cohérence avec les autres groupes taxonomiques concernés par la surveillance (ex : grands bivalves et leurs poissons hôtes dont certains font déjà l'objet de PNA)</p>
<p><b>Actions relatives à la mise en œuvre opérationnelle</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier le matériel, la logistique, les outils nécessaires et les méthodes d'inventaire et de suivi existantes</li> <li>• Ajouter des groupes taxonomiques aux suivis de surveillance déjà existants (ex. DCE)</li> </ul>
<p><b>Actions relatives aux acteurs</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impliquer les acteurs locaux pour identifier des stations d'échantillonnage possibles</li> <li>• Faire rencontrer les acteurs</li> <li>• Former les structures effectuant les suivis</li> </ul>

### Exemple de démarche possible

(pour obtenir des tendances des populations)

- 1) Faire un état des lieux par région/ département/ commune pour dresser une liste d'espèces potentiellement présentes (bibliographie ou modèles de distribution SDM)
  - 2) Lister les espèces actuellement connues / identifier les populations connues
  - 3) Mettre en place le plus rapidement possible :
    - a) un réseau d'acteurs (bénévole ou non)
    - b) un protocole répliquable sur le long terme et pas trop ambitieux (réaliste)
- + Centraliser les prélèvements pour consultation / comparaison / vérification (MNHN, autre ?)
  - + Prévoir les autorisations pour les espèces protégées

## PERSPECTIVES

Après ces premiers retours, une étude préliminaire sur le développement d'une surveillance nationale des mollusques sera réalisée en 2024. Les personnes volontaires pour partager leurs réflexions ou participer à des groupes de travail sont invitées à se faire connaître (contact : Camille GAZAY [camille.gazay@mnhn.fr](mailto:camille.gazay@mnhn.fr)).

---

Rédaction : **C. GAZAY & L. LÉONARD**



## ATELIER 5

# CONNAISSANCE, LES TRAITES DE VIE ET LA FONCTIONNALITÉ DES MOLLUSQUES CONTINENTAUX

«Vers une vision dynamique des faunes malacologiques »



Animé par

**COMBRISSEON Damien** – Parc National des Ecrins  
**GARGOMINY Olivier** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)  
**WACKENHEIM Quentin** – LGP - CNRS/P1/UPEC

Au-delà de la richesse spécifique, les inventaires sont porteurs d'informations et d'interprétations qui sont actuellement largement sous-explorées vis à vis des renseignements apportés par les traits biologiques ou écologiques des taxons.

La présence d'une espèce (occurrence) permet, dans une certaine mesure, de caractériser une partie de son habitat vis-à-vis d'un facteur écologique. Ces assemblages d'espèces partageant les mêmes exigences servent ainsi d'indicateur vis-à-vis d'un facteur écologique partagé (e.g. l'ouverture du milieu). Une partie de ces informations écologiques peuvent être inférées a posteriori en croisant des matrices d'occurrences avec des matrices écologiques (carte des habitats, humidité des sols,...). Cette approche qui tente de modéliser la niche écologique d'un taxon se trouve néanmoins limitée par la disponibilité des informations écologiques ainsi que par leur résolution spatiale et/ou temporelle (e.g. la carte du pH de surface des sols forestiers français à une résolution de 1km<sup>2</sup>). En dehors de la co-occurrence d'une espèce avec les caractéristiques de son habitat, il est nécessaire de pouvoir appréhender les interactions écologiques et biologiques pour comprendre les processus fonctionnels qui régissent également sa présence (e.g. la place d'un taxon au sein d'un réseau trophique). Ces informations sont recueillies a priori, en compilant les sources bibliographiques disponibles afin de garantir la traçabilité de l'information. Elles nécessitent par ailleurs une certaine mise en forme (standardisation) afin d'établir des comparaisons inter-phylum par exemple.

### OBJECTIFS

- 🗣 Cet atelier vise à explorer les attentes des participants sur les questions de fonctionnalité rattachées aux différents traits. Nous présentons une liste thématique et non exhaustive de ressources bibliographiques propres aux traits de vie des mollusques continentaux centrés sur les espèces de France métropolitaine et plus particulièrement sur les mollusques terrestres. Enfin, ont également été présentés, l'état d'avancement de la base de connaissance trait des mollusques continentaux de France métropolitaine (<https://taxref.mnhn.fr/taxref-web/taxogroups/801/traits>).

## DÉROULÉ DE L'ATELIER

Afin de recueillir l'avis du plus grand nombre (28 inscrits) sur une courte durée (1h30), nous avons privilégié un atelier dynamique où chaque participant est venu déposer ses attentes sur les connaissances à développer. Un mot ou une courte phrase est noté sur un post-it suivi d'une note exprimant la difficulté, d'après le participant, pour récupérer ces connaissances et variant de 1 (contenu facile à récupérer) à 5 (contenu très difficile à récupérer). À partir de ces attentes (trait\_brute\_exprimé), nous avons établi une liste de 16 traits standard que nous avons collectivement rangés dans 5 groupes au cours de l'atelier.

## RÉSULTATS DE L'ATELIER

Les participants ont évoqué une liste de 85 traits\_bruts, exprimant ainsi une grande diversité des attentes en termes d'amélioration des connaissances. Ils sont résumés dans ce nuage de mots (Fig.1) réalisé à partir des traits standardisés. La taille et la couleur des caractères sont liées au nombre de traits\_bruts qui est regroupé dans chaque catégorie.



FIGURE 1 : Nuage de mots.

Les informations liées à la tolérance écologique des taxons (e.g. la qualité de l'eau, l'amplitude thermique, le type de substrat, la tolérance aux

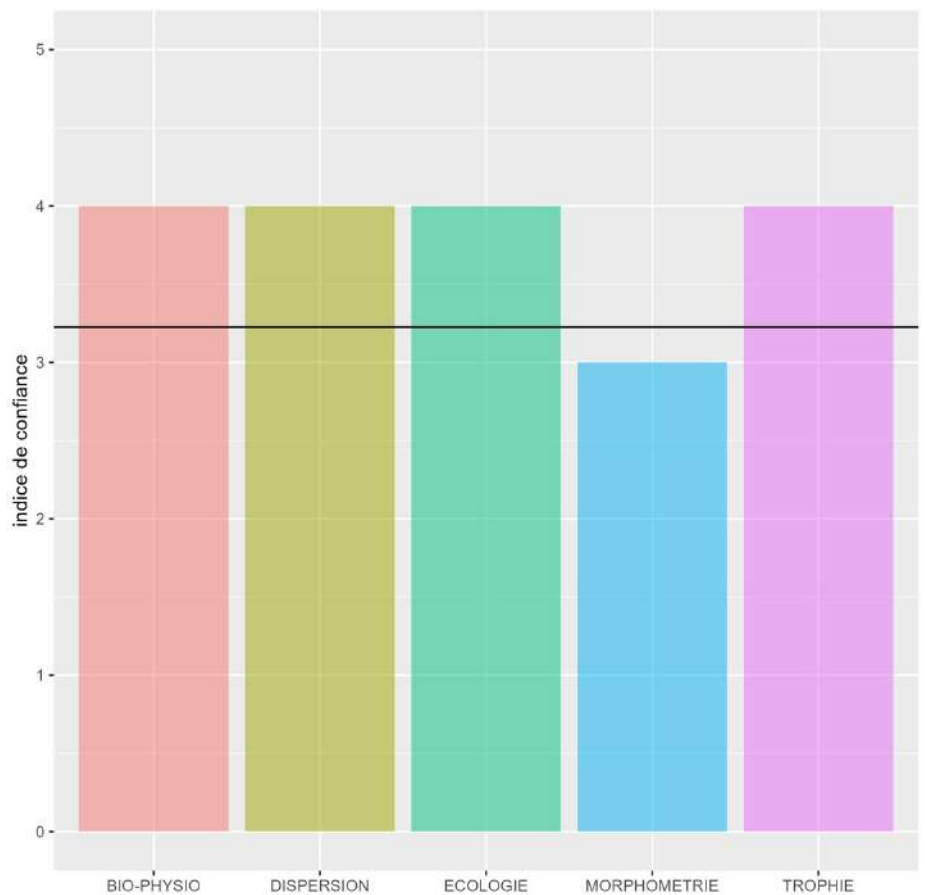


FIGURE 2 : Indices de confiance.

conditions extrêmes, le gradient d'anthropophilie....) sont largement évoquées et précèdent les informations d'ordre physiologique (e. g. la durée et le cycle de vie, le rythme journalier, la croissance..) et les informations liées à la reproduction (e. g. stratégie de reproduction, choix des sites,...). Cette restitution subjective est forcément contrainte par le classement et la typologie des traits standardisés que nous avons créé. Elle a néanmoins le mérite de proposer une méthode pour résumer la diversité des informations que nous avons recueillies.

La notation des traits exprimé nous renseigne sur la difficulté perçue par les participants pour récupérer les informations nécessaire à la construction d'une base de connaissance.

Cette note est très homogène entre les cinq groupes de traits que nous avons constitués et témoigne de la difficulté à recueillir et compiler les informations. Les données liées à la morphométrie présentent naturellement un indice de confiance sensiblement meilleur.

Une brève présentation de la Base de traits organisée par PatriNat (MNHN-OFB) a montré qu'elle pouvait répondre globalement aux attentes principales, à savoir la qualification de la tolérance écologique (notamment dans le cadre du lien avec les habitats), mais qu'il convient de préciser les différents descripteurs ainsi que leurs valeurs respectives.

Durant l'atelier, la classification des traits et leur regroupement par les participants a démontré la difficulté de l'exercice. Un même trait peut intervenir dans différentes catégories. Quelle que soit l'échelle d'observation à laquelle nous nous plaçons dans un écosystème, la structure, la distribution et la diversité des malacocénoses sont déterminées par un ensemble de paramètres biotiques et abiotiques appelés facteurs écologiques. Sous l'influence de ces facteurs, certaines espèces démontrent une remarquable capacité d'adaptation face une large amplitude d'une variable écologique donnée tandis que d'autres présentent un intervalle de tolérance écologique plus restreint. Or, une caractéristique biophy-

sique du milieu est un trait propre aux habitats (écologie) qui peut avoir une incidence importante sur le cycle de vie (physiologie) ou même la trophie (régime alimentaire). Par ailleurs, certains traits de vie apparaissent tout à fait indépendants les uns des autres. À ce titre, les tentatives de classification des traits de vie réalisées pendant l'atelier révèlent qu'il n'existe pas une unique façon de proposer une typologie. Si ces derniers peuvent être regroupés dans plusieurs grandes catégories, il apparaît nécessaire de garder à l'esprit les relations qui les lient les uns aux autres. Afin de répondre à cet enjeu, une représentation dynamique de la classification des traits pourrait être envisagée.

Les discussions au cours de la préparation de l'atelier et avec les participants lors du colloque ont montré que le niveau de connaissance des traits de vie des mollusques continentaux de France métropolitaine est difficile à évaluer. En effet, cette question couvre un ensemble de

spécialités qui sont tributaires des données empiristes collectées sur le terrain ou en laboratoire et qui n'ont pas forcément fait l'objet d'une publication. Afin de mesurer l'étendue des connaissances et leur accessibilité, une analyse de la littérature a été proposée en amont de l'atelier et a pris la forme d'une liste de références bibliographiques. Les travaux ont été classés suivant deux grandes catégories, écologie et biologie/physiologie puis déclinés en sous-catégories (e.g. Ecologie : Habitats/Facteurs écologiques/Groupements écologiques). L'objectif de cette liste était de proposer un premier état des connaissances focalisé sur les mollusques terrestres qui pourra être complété à l'avenir.

À partir de ce document de travail, plusieurs constats sont formulés :

- La connaissance des traits de vie des mollusques est éparpillée dans des ouvrages et monographies, mais également dans un ensemble de publication dans

des revues d'écologie, de zoologie, de biologie ou des journaux consacrés aux mollusques. Il existe quelques ouvrages de synthèse (e.g. Barker 2001, Falkner et al. 2001).

- De nombreuses informations se trouvent dans une littérature de la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle et dans des ouvrages qui recueillent des observations des malacologies et naturalistes du 19<sup>e</sup> siècle : ces données sont parfois oubliées.
- La connaissance fine des traits de vie des mollusques terrestres repose en grande partie sur des travaux qui se sont attachés à étudier les espèces les plus communes (i.e. *Cornu aspersum*) et dont les données sont transposées à d'autres taxons. Dans les faits il existe de véritables lacunes pour de très nombreuses espèces.

---

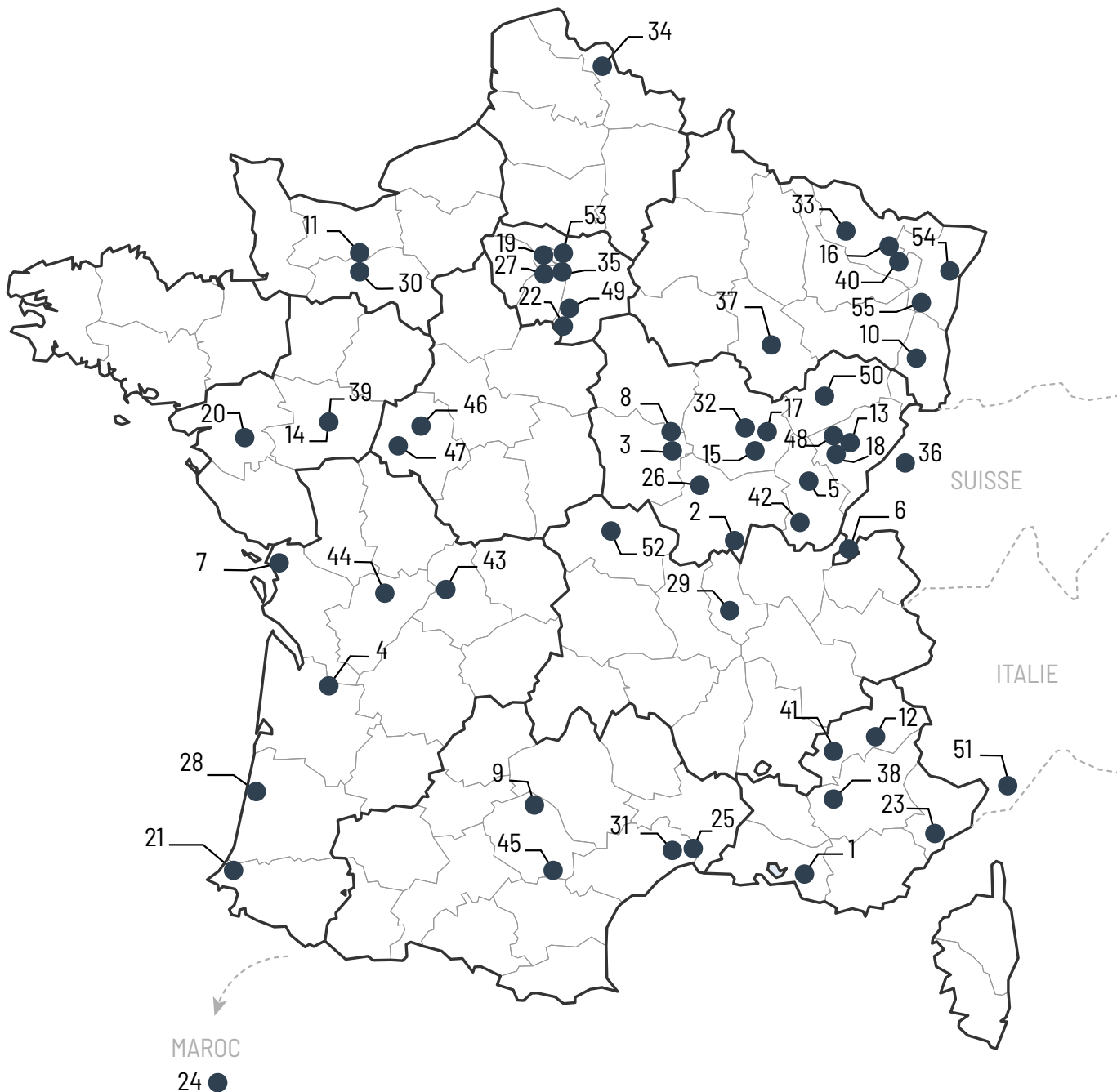
Rédaction : **D. COMBRISSEON, O. GARGOMINY & Q. WACKENHEIM**  
(compte rendu réalisé avec la contribution de Rémy MOINE pour la saisie des données)



# CONTACTS DES PARTICIPANTS

# LOCALISATION DES PARTICIPANTS

Seuls les participants ayant souhaité communiquer leurs coordonnées figurent dans cette liste. Il ne s'agit donc pas d'une liste exhaustive.



# COORDONNÉES DES PARTICIPANTS

N°	Nom	Prénom	Structure	Courriel
1	AUREGLIA	Louis	Aix-Marseille Université	<a href="mailto:louis.aureglia@gmail.com">louis.aureglia@gmail.com</a>
2	BACH	Guillaume	Auddicé environnement	<a href="mailto:guillaume.bach@auddice.com">guillaume.bach@auddice.com</a>
3	BARBOTTE	Quentin	SHNA-OFAB	<a href="mailto:quentin.barbotte@shna.fr">quentin.barbotte@shna.fr</a>
4	BERNARD	Yannig	Eliomys	<a href="mailto:yannig.bernard@eliomys.fr">yannig.bernard@eliomys.fr</a>
5	BOURQUE	Hugo	CEN Franche-Comté	<a href="mailto:hugo.bourque@cen-franche-comte.org">hugo.bourque@cen-franche-comte.org</a>
6	BOUSCAILLOU	Claude	Avis Vert	<a href="mailto:cb@avis-vert.ch">cb@avis-vert.ch</a>
7	BRUGEL	Éric	LPO	<a href="mailto:eric.brugel@lpo.fr">eric.brugel@lpo.fr</a>
8	BRUGGER	Magdalena	SHNA-OFAB	<a href="mailto:magdalena.brugger@shna.fr">magdalena.brugger@shna.fr</a>
9	BUTTERS	Sarah	UFRST	<a href="mailto:sareab@outlook.com">sareab@outlook.com</a>
10	CLAUDEL	Viviane	Société d'histoire naturelle et ethnographie de Colmar	<a href="mailto:administration@museumcolmar.org">administration@museumcolmar.org</a>
11	COLLET	Mathilde	CPIE Collines normandes	<a href="mailto:m.collet@cpie61.fr">m.collet@cpie61.fr</a>
12	COMBRISSEON	Damien	Parc national des Écrins	<a href="mailto:damien.combrisson@ecrins-parcnational.fr">damien.combrisson@ecrins-parcnational.fr</a>
13	DELAFOYE	Arielle	Syndicat mixte marais de Saône	<a href="mailto:a.delafoy@maraisdesaone.fr">a.delafoy@maraisdesaone.fr</a>
14	DOITTEAU	Gaëlle	Museum d'Angers	<a href="mailto:yaelle.doitteau@ville.angers.fr">yaelle.doitteau@ville.angers.fr</a>
15	DOUCET	Guillaume	CEN Franche-Comté	<a href="mailto:guillaume.doucet@cen-franche-comte.org">guillaume.doucet@cen-franche-comte.org</a>
16	DURR	Thibaut	ECOLOR	<a href="mailto:thibautdurr@yahoo.fr">thibautdurr@yahoo.fr</a>
17	FARA	Emmanuel	Université de Bourgogne	<a href="mailto:emmanuel.fara@u-bourgogne.fr">emmanuel.fara@u-bourgogne.fr</a>
18	FEDNA	Jimmy	Université de Franche-Comté	<a href="mailto:jimmyfedna@gmail.com">jimmyfedna@gmail.com</a>
19	FICHET	Valentine	LGP	<a href="mailto:valentine.fichet@lgp.cnrs.fr">valentine.fichet@lgp.cnrs.fr</a>
20	GAILLARD	Florin	Université de Franche-Comté / DREAL BFC	<a href="mailto:florin.m.gaillard@gmail.com">florin.m.gaillard@gmail.com</a>
21	GANSOINAT	Sophie	MIFENEC	<a href="mailto:gansoinat.mifenec@orange.fr">gansoinat.mifenec@orange.fr</a>
22	GARGOMINY	Olivier	MNHN	<a href="mailto:gargo@mnhn.fr">gargo@mnhn.fr</a>
23	GERRIET	Olivier	MHN Nice	<a href="mailto:olivier.gerriet@ville-nice.fr">olivier.gerriet@ville-nice.fr</a>
24	GHAMIZI	Mohamed	Université / Muséum de Marrakech	<a href="mailto:mohamed.ghamizi@gmail.com">mohamed.ghamizi@gmail.com</a>
25	GIGOT	Guillaume	PatriNat (OFB-MNHN)	<a href="mailto:guillaume.gigot@mnhn.fr">guillaume.gigot@mnhn.fr</a>
26	GONNARD	Philippe	AFC	<a href="mailto:phil.gonnard@gmail.com">phil.gonnard@gmail.com</a>
27	GRANAI	Salomé	Géoarchéon	<a href="mailto:salomegranai@yahoo.fr">salomegranai@yahoo.fr</a>
28	GRÉAUME	Cyrille	SLEM	<a href="mailto:cyrille.greaume@espaces-naturels.fr">cyrille.greaume@espaces-naturels.fr</a>

29	GUILLE	Kévin	Acer campestre	kguille18  <a href="mailto:kguille18@gmail.com">gmail.com</a>
30	HESNARD	Olivier	CPIE Collines normandes	o.hesnard  <a href="mailto:o.hesnard@cpie61.fr">cpie61.fr</a>
31	JOSEPH	Clémence	Université Paul Valéry Montpellier 3	clemence.m.joseph  <a href="mailto:clemence.m.joseph@gmail.com">gmail.com</a>
32	LAGNEAU	Régis	OFB	regis.lagneau  <a href="mailto:regis.lagneau@ofb.gouv.fr">ofb.gouv.fr</a>
33	LAMAND	Florent	OFB	florent.lamand  <a href="mailto:florent.lamand@ofb.gouv.fr">ofb.gouv.fr</a>
34	LEGRAND	Perrine	Université de Lille	perrine.legrand22  <a href="mailto:perrine.legrand22@gmail.com">gmail.com</a>
35	LÉONARD	Lilian	PatriNat	lilian-leonard  <a href="mailto:lilian-leonard@mnhn.fr">mnhn.fr</a>
36	LITSIOS	Glenn	Info Fauna	glenn.litsios  <a href="mailto:glenn.litsios@infofauna.ch">infofauna.ch</a>
37	MALÈVRE	Nicolas	ONF	nicolas.malevre  <a href="mailto:nicolas.malevre@onf.fr">onf.fr</a>
38	MARMIER	Marin	CEN PACA	marin.marmier  <a href="mailto:marin.marmier@cen-paca.org">cen-paca.org</a>
39	MELLIER	Benoît	Museum d'Angers	benoit.mellier  <a href="mailto:benoit.mellier@ville.angers.fr">ville.angers.fr</a>
40	MÉRIMÉE	Élisa		merimee.elisa  <a href="mailto:merimee.elisa@gmail.com">gmail.com</a>
41	MOINE	Rémy	INRAE	remy-moine  <a href="mailto:remy-moine@inrae.fr">inrae.fr</a>
42	MOTTET	Anaïs	CPIE Bresse jurassienne	natura2000  <a href="mailto:natura2000@cpie-bresse-jura.org">cpie-bresse-jura.org</a>
43	NAUDON	David	SLEM	naudon.david  <a href="mailto:naudon.david@wanadoo.fr">wanadoo.fr</a>
44	PAGOT	Céline	Charente nature	<a href="http://c.pagot.cn">c.pagot.cn</a>  <a href="mailto:c.pagot.cn@gmail.com">gmail.com</a>
45	PARAYRE	Marie-Julie		mj.parayre  <a href="mailto:mj.parayre@gmail.com">gmail.com</a>
46	PHILIPPE	Laurent	Biotope	lphilippe  <a href="mailto:lphilippe@biotope.fr">biotope.fr</a>
47	RICHARD	Nina	Université de Tours	nina.richard  <a href="mailto:nina.richard@univ-tours.fr">univ-tours.fr</a>
48	RYELANDT	Julien	CBNFC-ORI	julien.ryelandt.ori  <a href="mailto:julien.ryelandt.ori@cbnfc.org">cbnfc.org</a>
49	TERCERIE	Sandrine	UAR PatriNat	tercerie  <a href="mailto:tercerie@mnhn.fr">mnhn.fr</a>
50	TOURNIER	Clara	Initiative Aménagement et Développement	tournierclara  <a href="mailto:tournierclara@gmail.com">gmail.com</a>
51	VINCENT	Benoit		benoitvincent  <a href="mailto:benoitvincent@coris.ovh">coris.ovh</a>
52	VRIGNAUD	Sylvain	Indépendant	vrignaud.sylvain  <a href="mailto:vrignaud.sylvain@free.fr">free.fr</a>
53	WACKENHEIM	Quentin	LGP	quentin.wackenheim  <a href="mailto:quentin.wackenheim@gmail.com">gmail.com</a>
54	WAGNER	Antoine		Antoine.wagner  <a href="mailto:Antoine.wagner@yahoo.fr">yahoo.fr</a>
55	WINTERHALTER	Nicolas	Nature et techniques	nicolas.winterhalter44  <a href="mailto:nicolas.winterhalter44@gmail.com">gmail.com</a>



## “ Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes et structures qui ont contribué à la réussite de ce 3<sup>ème</sup> colloque national de malacologie continentale.

Tout d'abord, un immense merci à l'équipe support du Conservatoire botanique national de Franche-Comté - Observatoire régional des Invertébrés (CBNFC-ORI) pour leur organisation exemplaire et leur engagement sans faille. Nous remercions tout particulièrement Justine Amiotte-Suchet (chargée de communication), Gaëlle Mesnier (Chargée de missions administratives et financières) et Sandra Decroux (Directrice), qui ont été les chevilles ouvrières de ce projet. Leur soutien et leur expertise ont été déterminants dans le bon déroulement de cet événement.

Nous remercions également chaleureusement nos financeurs, la DREAL et la Région Bourgogne-Franche-Comté, dont le soutien financier a été indispensable pour la réalisation de ce colloque. Sans leur contribution, cet événement n'aurait pas pu voir le jour dans de si bonnes conditions.

Notre reconnaissance va également à l'ensemble des conférenciers pour la richesse de leurs interventions, qui ont su apporter des perspectives nouvelles et des connaissances précieuses.

Un merci tout particulier aux animateurs des ateliers participatifs, qui ont introduit un nouveau format interactif. Ces ateliers ont été une véritable réussite, permettant des échanges fructueux et donnant des pistes à de futurs travaux de recherche et d'action.

Nous tenions également à remercier l'ensemble des prestataires qui sont intervenus lors de ce colloque pour leur présence et leur talent.

### **Cindy Rémy : Facilitation graphique.**

Elle a accompagné visuellement en direct l'ensemble des communications orales par ses planches illustrées, que vous pouvez retrouver dans ce document.

### **La Compagnie du “Muséum nomade d'Histoires pas naturelles” : spectacle vivant.**

La compagnie a animé la soirée festive du lundi 11 octobre, en proposant des petits apartés, pleins d'humour et d'esprit aux participants, tout au long de la soirée.

### **Caroline Lefèvre : prise de note.**

Caroline a assuré, en direct durant le colloque, la prise de note de l'ensemble des communications. Son travail a fourni une base précieuse pour la réalisation de ces actes.

### **EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue et le Muséum de Besançon : visites de terrain.**

La mobilisation de ces deux partenaires a permis de clôturer en beauté ce colloque en proposant lors du troisième jour la découverte de la Réserve Naturelle Régionale des Tourbières de Frasne et du Muséum et la Citadelle de Besançon.

Enfin, nous tenons à saluer tous les participants. Depuis la première édition, nous avons constaté une augmentation significative de la participation : nous étions une soixantaine en 2016, environ 80 en 2018, et cette édition a réuni une centaine de personnes. Votre présence et votre engagement témoignent de l'intérêt croissant pour la malacologie et nous encourageant à poursuivre cette aventure scientifique avec enthousiasme et détermination.

Merci à tous pour votre contribution à cet événement mémorable, qui, grâce à vous, a été un véritable succès.

***Nous espérons vous retrouver nombreux pour les prochaines éditions et continuer ensemble à faire avancer la recherche en malacologie.***

## Comité scientifique

- **Damien Combrisson** – Parc national des Ecrins
- **Benoit Fontaine** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
- **Olivier Gargominy** – PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
- **Olivier Gerriet** – Muséum d'histoire naturelle de Nice
- **Lilian Léonard** – PatriNat PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
- **David Naudon** – Société Limousine d'Etude des Mollusques (SLEM)
- **Cédric Roy** – ANA – CEN Ariège
- **Julien Ryelandt** – Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés (CBNFC-ORI)
- **Quentin Wackenheim** – Laboratoire de Géographie Physique (CNRS – P1)

ISBN – 978-2-494600-02-7

## Citation recommandée

LÉONARD L. & RYELANDT J. (ed.). 2024. *Actes du 3<sup>ème</sup> Colloque national de malacologie continentale - 11, 12 & 13 octobre 2023, Besançon (25)*. Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés (CBNFC-ORI) et PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD), 151 p.

